

Využití KNX technologie pro řízení provozně technických funkcí ve Smart Home v rámci IoT

Utilization of KNX technology for operational and technical function control
in Smart Home

Bc. Lukáš Trlica

Bakalářská práce

Vedoucí práce: doc. Ing. Jan Vaňuš, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

Koncept Smart Home lze chápat jako projekt, který provozně technické funkce měří a řídí tak, aby provoz takového domu měl nižší spotřebu elektrické energie, lepší vnitřní životní prostředí a aby koncový uživatel mohl ovládat tyto funkce odkudkoliv. Jedna z technologií, která tyto požadavky posune ještě dál, je koncept IoT. S technologií IoT je možné všechny provozní stavy měřit, analyzovat a následně řízení těchto stavů optimalizovat. Propojení různých zařízení v systémových instalacích s technologií IoT otevírá mnoho nových možností regulace provozně technických funkcí. Tato práce se zaměřuje na konektivitu KNX technologie od firmy Schneider s PLC řadou LOGO! od firmy Siemens. V prostředí Node-RED je zabezpečena konektivita, měření dat a regulační funkce, které nenabízí ani KNX ani PLC.

Klíčová slova

Internet of Things; IoT; KNX; Node-Red; Smart Home; Řízení provozně technických stavů; HVAC; LOGO;

Abstract

The Smart Home concept can be understood as a project that measures and controls operational and technical functions so that the operation of such a house has lower electricity consumption, a better indoor environment and so that the end user can control these functions from anywhere. One of the technologies that will take these requirements even further is the IoT concept. With IoT technology, it is possible to measure, analyze and subsequently optimize the control of all operating states. The connection of various devices in system installations with IoT technology opens up many new possibilities for regulating operational and technical functions. This work focuses on the connectivity of KNX technology from Schneider with PLC series LOGO! from Siemens. The Node-RED environment provides connectivity, data measurement and control functions that are not offered by either KNX or PLC.

Key words

Internet of Things; IoT; KNX; Node-Red; Smart Home; Management of operational and technical conditions; HVAC; LOGO;

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Janu Vaňušovi, Ph.D. za odbornou pomoc a konzultaci při vytváření této bakalářské práce. Díky jeho pomoci mohla tato práce vzniknout.

Obsah

Seznam použitých symbolů	- 9 -
Seznam použitých zkratk	- 10 -
Seznam obrázků	- 11 -
Úvod	- 14 -
1 Rešerše	- 15 -
2 Smart Home	- 17 -
2.1 Historický pohled na Smart Home	- 17 -
2.2 Definice Inteligentní budovy	- 18 -
2.3 Provozně technické stavy technologie Smart Home	- 18 -
2.4 Osvětlení	- 18 -
2.4.1 Protokoly řízení osvětlení	- 18 -
2.5 HVAC	- 19 -
2.5.1 Možnosti Regulování zdroje	- 19 -
2.6 Rolety	- 20 -
2.7 Měření spotřeby energie	- 20 -
2.8 Zabezpečení	- 20 -
2.9 Vzdálené ovládání budov	- 20 -
3 Přístroje a systémy pro řízení provozně technických stavů	- 21 -
3.1 Řídící systémy	- 21 -
3.2 Centralizovaný systém	- 21 -
3.2.1 PLC	- 21 -
3.2.2 Loxone	- 21 -
3.3 Decentralizovaný systém	- 22 -
3.3.1 LON (Local Operating Network)	- 22 -
4 IoT	- 23 -
4.1 Definice IoT	- 23 -
4.2 Odvětví IoT	- 23 -

4.3	Přenášení dat.....	- 24 -
4.4	Cloudy pro IoT	- 24 -
4.4.1	Microsoft azure	- 24 -
4.4.2	Google Cloud Platform	- 25 -
4.4.3	Oracle cloud.....	- 25 -
4.4.4	IBM Bluemix	- 25 -
4.4.5	Samsung Artik cloud	- 25 -
4.5	Node-RED	- 25 -
4.6	MQTT.....	- 26 -
4.7	Security v rámci IoT	- 28 -
5	KNX.....	- 29 -
5.1	Historie KNX standardu	- 29 -
5.2	Komunikační protokol KNX.....	- 29 -
5.3	Topologie KNX sběrnice.....	- 29 -
5.3.1	Schéma Topologie KNX.....	- 30 -
5.3.2	Instalace KNX.....	- 30 -
6	Možnosti úspory energie v rámci Smart Home.....	- 32 -
6.1	Další možnosti úspory energie	- 33 -
6.2	Energy management a možnosti měření spotřebované elektřiny.....	- 33 -
6.3	Analýza spotřebované energie.....	- 34 -
6.4	Měření spotřebované elektřiny.....	- 34 -
7	Konektivita Siemens LOGO! a KNX.....	- 35 -
7.1	Rozšiřující modul pro KNX	- 35 -
7.2	Využití komunikačních protokolů v aplikaci Node-RED.....	- 35 -
7.3	Zařízení, na kterých lze provozovat Node-RED	- 37 -
7.3.1	Raspberry pi.....	- 37 -
7.3.2	Siemens IoT 2040	- 37 -
7.3.3	Unipi Neuron S103	- 38 -
8	Popis praktické úlohy, prostředí měření a implementace regulace	- 39 -
8.1	Zadané úlohy	- 39 -

8.2	Úkoly potřebné k funkční konektivě	- 41 -
9	Požítý Hardware a jeho napojení	- 42 -
9.1	Siemens LOGO!8.....	- 42 -
9.2	Unipi Gate G100	- 42 -
9.3	Hardwarové prvky použité pro programování a konektivitu KNX s IoT aplikací ..	- 44 -
9.4	Snímače a spínací prvky s protokolem KNX.....	- 44 -
9.5	Napojení Hardwaru na Ethernet	- 45 -
9.6	Funkce jednotlivých zařízení	- 46 -
10	Použitý software.....	- 47 -
10.1	Soft Comfort	- 47 -
10.2	ETS5	- 48 -
10.3	Software v Gate G100	- 48 -
11	Security a zabezpečení Node-RED.....	- 50 -
12	Prostředí měření a implementace technologie.....	- 51 -
13	Naměřená data.....	- 52 -
13.1	Podobnost průběhu Co2 a Vlhkosti.....	- 58 -
14	Možnosti měření dat a zpráva za pomoci třetí strany	- 60 -
14.1	Měření dat a exportování do prostředí MS excel	- 60 -
14.2	Využití třetích stran	- 60 -
15	Zhodnocení naměřených dat a systému	- 61 -
16	Závěr.....	- 62 -
	Literatura.....	- 63 -
17	Seznam příloh.....	- 66 -
A.1.	Software a jeho instalace.....	67
	Node-RED	67
	SW na LOGO!.....	67
	ETS567	
	Putty	67
	IP skener	67

A.2. Základní nastavení HW.....	67
Nastavení IP adresy	67
Siemens LOGO!	68
Node-RED	71
Nastavení KNX a ETS5.....	73
A.3. Úloha 2,3,4.....	79
Program ETS 5	79
Soft Comfort.....	80
Zobrazení Petriho sítí pro zadané úlohy	82
Schéma zapojení	85

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
U	V	Napětí
I	A	Proud
Co2	ppm	Oxid uhličitý
W	Watt	Výkon
kWh	Kilowathodina	Spotřeba elektrické energie
m³/h	Kubíky za hodinu	Průtok vzduchu

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
IoT	Internet of Things
VoIP	Voice over Internet Protocol
Rpi	Raspberry pi
SW	Software
HW	Hardware
PLC	Programmable Logic Controller
OS	Operační systém
SH	Smart Home
HVAC	Heat Ventilation Air Condition
SSH	Secure Shell
VPN	Virtual private network
PIR	Passive infrared detector
SELV	Safety Extra-Low voltage
VRV	Variable Refrigerant Volume
NR	Node-RED
IoT	Internet of Things

Seznam obrázků

Obrázek 1.1:	První Smart home [11].....	- 17 -
Obrázek 1.2:	Možností aplikace IoT [14]	- 23 -
Obrázek 1.3:	Architektura LPWA [14].....	- 24 -
Obrázek 1.4:	Programování v aplikaci Node-RED [15]	- 26 -
Obrázek 1.5:	Znázornění komunikace pomocí MQTT protokolu [16]	- 27 -
Obrázek 1.6:	Adresace zařízení KNX [17].....	- 30 -
Obrázek 1.7:	Schéma páteřní linie, hlavní linie a liniový segment [17]	- 30 -
Obrázek 1.8:	Schéma řízení rekuperace.....	- 33 -
Obrázek 1.9:	Nalevo chytrý elektroměr, vpravo prezentovaná data [25]	- 34 -
Obrázek 1.10:	Rozšiřující modul pro KNX [16]	- 35 -
Obrázek 1.11:	Propojení mezi LOGO a KNX.....	- 36 -
Obrázek 1.12:	IoT Gateway od firmy Siemens [29].....	- 38 -
Obrázek 1.13:	Moduly UniPi Neuron S103[23].....	- 38 -
Obrázek 1.14:	Blokový diagram úloh na konektivitu.....	- 40 -
Obrázek 1.15:	Grafické znázornění úlohy bakalářské práce.....	- 41 -
Obrázek 1.16:	Unipi Gate G100 [23].....	- 42 -
Obrázek 1.17:	Blok, který je použit při spuštění.....	- 43 -
Obrázek 1.18:	Vlevo uživatelské rozhraní, uprostřed IP router, pravo coupler [22].....	- 44 -
Obrázek 1.19:	Po levé straně 1-gang push button v pravo senzor Co2, vlhkosti a teploty [22] -	45 -
Obrázek 1.20:	Napojení ethernet na zařízení	- 45 -
Obrázek 1.21:	Programovací prostředí Soft comfort.....	- 47 -
Obrázek 1.22:	Prostředí ETS.....	- 48 -
Obrázek 1.23:	Prostředí Node-RED	- 49 -
Obrázek 1.24:	Vizualizace dat za pomoci funkce graf.....	- 49 -
Obrázek 1.25:	Kód na přidání uživatele a hesla.....	- 50 -
Obrázek 1.26:	Přihlašovací okénko	- 50 -
Obrázek 1.27:	Podružný rozvaděč	- 51 -
Obrázek 1.28:	Měřená aktuální spotřeba proudů za jeden den	- 52 -
Obrázek 1.29:	Měření teploty za jeden den.....	- 52 -
Obrázek 1.30:	Měření CO2 za jeden den	- 53 -
Obrázek 1.31:	Měření vlhkosti za jeden den.....	- 53 -
Obrázek 1.32:	Měření aktuální spotřeby proudu (A) za jeden týden.....	- 54 -
Obrázek 1.33:	Měření teploty (°C) za jeden týden	- 54 -
Obrázek 1.34:	Měření Co2 (ppm) za 1 týden	- 55 -

Obrázek 1.35:	Měření relativní vlhkosti reprezentována v bytové hodnotě (0-255) za jeden týden	- 55 -
Obrázek 1.36:	Poslední den měření spotřeby v A	- 56 -
Obrázek 1.37:	Poslední den měření teploty v °C.....	- 56 -
Obrázek 1.38:	Poslední den měření CO2 v ppm.....	- 57 -
Obrázek 1.39:	Poslední den měření vlhkosti.....	- 57 -
Obrázek 1.40:	Vlevo celková spotřeba na začátku měření, vpravo celková spotřeba na konci měření	- 57 -
Obrázek 1.41:	Hodinové měření průběhu vlhkosti a CO2	- 58 -
Obrázek 1.42:	Graf lineární regrese.....	- 58 -
Obrázek 1.43:	Zapojení nodů pro měření a export dat do prostředí MS excel.....	- 60 -
Obrázek 1.44:	Použitý algoritmus pro třídění dat do sloupců	- 60 -
Obrázek 1.45:	Výpis informací o síti	68
Obrázek 1.46:	Vzhled vývojového prostředí Soft Comfort	69
Obrázek 1.47:	Cesta k nastavení HW.....	69
Obrázek 1.48:	Výběr HW v programu Soft Comfort	70
Obrázek 1.49:	Nastavení S7 com. Komunikace.....	70
Obrázek 1.50:	Stránka odkazující na vývojové prostředí.....	71
Obrázek 1.51:	Cesta k instalaci dalších nodů.....	71
Obrázek 1.52:	Vyhledávání a instalace nových nodů	72
Obrázek 1.53:	Workspace a propojení funkčních bloků	72
Obrázek 1.54:	Nastavení bloku NI1	73
Obrázek 1.55:	Vytvoření projektů	73
Obrázek 1.56:	Pracovní plochy pro vkládání sběrnicových prvků do topologie.....	74
Obrázek 1.57:	Detail vyhledávání sběrnicových prvků pomocí katalogového čísla.....	74
Obrázek 1.58:	Detail přetáhnutí prvku do topologie	75
Obrázek 1.59:	Topologie pro úlohu spínání světla.....	75
Obrázek 1.60:	Zobrazení plochy s parametry	76
Obrázek 1.61:	Nastavení hlavních parametrů	76
Obrázek 1.62:	Nastavení IP adresy	77
Obrázek 1.63:	Přetažení Switch object A – Push-button1 do vlastní adresy Světlo 1.....	77
Obrázek 1.64:	Nastavení IP adresy interfacu.....	78
Obrázek 1.65:	Zapojení KNX easy in s s7 out, v aplikaci NR	78
Obrázek 1.66:	Nastavení parametrů v bloku KNX easy in.	79
Obrázek 1.67:	Obrázek 2.23: Propojení jednotlivých funkčních bloků.....	80
Obrázek 1.68:	Obrázek 2.24: Nastavení bloku Pulse Generator a Weekly Timer.....	81
Obrázek 1.69:	Obrázek 2.25: Nastavení tavení bloku Off Delay.....	81
Obrázek 1.70:	Zobrazení Petriho sítě pro řízení sepnutí žárovky na základě vypínače	82
Obrázek 1.71:	Zobrazení Petriho sítě pro řízení odsávání v místnosti koupelna	83

<i>Obrázek 1.72:</i>	<i>Zobrazení Petriho sítí pro řízení patrony v radiátoru</i>	<i>84</i>
<i>Obrázek 1.73:</i>	<i>Obrázek 2.29: Zapojení Unipi GateG100 s chytrým elektroměrem.....</i>	<i>85</i>
<i>Obrázek 1.74:</i>	<i>Obrázek 2.30: Schéma zapojení PLC Siemens LOGO!.....</i>	<i>85</i>
<i>Obrázek 1.75:</i>	<i>Obrázek 2.31: Zapojení KNX zařízení.....</i>	<i>86</i>
<i>Obrázek 1.76:</i>	<i>Obrázek 2.32: Půdorys místnosti koupelna</i>	<i>86</i>

Úvod

Domov je pojem, bez kterého by se naše společnost neobešla. S pokrokem v technologiích výrobci přicházejí s čím dál sofistikovanějšími produkty, které domovům zajišťují větší komfort. Reakce trhu na tento trend je, že zákazník chce tyto benefity aplikovat i u sebe doma. Důraz je kladen hlavně na lepší energetickou bilanci provozu budovy a zlepšení kvality životního prostředí uvnitř. K dosažení těchto cílů je zapotřebí kromě lepší konstrukce budovy (zateplení fasády, použití materiálů s nižším průtokem tepla, okna s nižší prodyšností atd.) i vybavit tento objekt patřičnou technologií, jako je rekuperační tepelné čerpadlo, rolety, které zabrání průniku slunečního záření a tím i přehřívání objektů, úspornější zdroje světla, jako je třeba LED osvětlení a výroby elektrické energie za pomoci domácí fotovoltaické elektrárny. Tyto technologie jsou ale samostatná zařízení, která mezi sebou standardně neumí komunikovat a tím pádem se nevyužívá jejich plný potenciál. Řešením tohoto problému je využití konceptu Smart Home, který bude řídit provoz budovy tak, aby byl její provoz co nejekonomičtější při zachování požadavku uživatele na životní prostředí a komfort při bydlení. Nabízené produkty na trhu mají jisté limity z hlediska výpočetního výkonu hardwaru používaného v oblasti řízení provozně technických funkcí budov. Tato limitace spočívá v tom, že jsou kladeny požadavky na spolehlivý provoz těchto zařízení a na nízkou spotřebu elektrické energie. Jedním z řešení tohoto problému je použití technologie Internet of Things (IoT), česky internet věcí. Díky použití této technologie je možná konektivita mezi zařízeními, využití hardwaru třetí strany, sběr dat s časovou značkou, aplikace algoritmu, který data analyzuje a optimalizuje provoz regulace. Tato práce se bude zabývat řízením provozně technických funkcí za pomoci KNX technologie s využitím IoT. Využití bude obsahovat konektivitu zařízení KNX a PLC. Kromě konektivity bude IoT využito i pro sběr dat a jejich analyzování.

V teoretické části se bude práce zabývat problematikou konceptu Smart Home a možností implementace technologie IoT do prostředí budov. Budou popsány jednotlivé technologie a protokoly IoT, možnosti úspory elektrické energie v budovách a energy management.

Tato práce bude obsahovat vytvoření funkční aplikace, která bude v prostředí IoT propojovat technologii KNX a PLC. Jejich účelem bude monitoring a reprezentace dat v reálném čase. Tyto hodnoty budou reprezentovány prostřednictvím grafu. Celý systém bude dále zabezpečen pomocí SSH protokolu. Aplikace bude opatřena základním zabezpečením proti kybernetickým útokům.

Cílem této práce bude nalézt vhodný přístup přenosu dat v IoT mezi zařízeními využívající technologii KNX a jiným zařízením, které se může implementovat v budovách. K dosažení tohoto cíle bude použito programovací prostředí Node-RED (NR), které bude posílat data z KNX zařízení do PLC (Programmable Logic Controller) od firmy Siemens.

1 Rešerše

V současné době je čím dál větším trendem snižování energetické náročnosti budov a zlepšení jejich životního prostředí. Dnešní stavební zákony se do novostaveb snaží zařazovat mnohem více nucené větrání a zdroje s obnovitelnou složkou. Jedna z cest snižování spotřebovaných energií v budově je monitorování lidí v budově. Pro monitorování lidí v budově lze využít senzorů, které odesílají data na cloudové úložiště. V současnosti je stále diskutovanější termín IoT, tedy internet of things, česky internet věcí. V této rešerši budu představovat problematiku související i s IoT.

Anthi, E. a kol. poukazují na problém se zneužitím dat cloudového úložiště. Vzhledem k tomu, že kromě technického řízení budov mají inteligentní domy zabezpečovací systémy, se jedná o potenciální možnost napadení útočníky. Ve své práci ukazují na možnosti zabezpečení těchto dat. Práce E. Anthi a kolektivu navrhuje třívrstvý systém detekce narušení (IDS), který používá supervizovaný přístup k detekci řady populárních síťových kybernetických útoků v sítích IoT. [1]

Bianchi, V. a spol. ve svém článku představují inovativní systém HAR, využívající potenciál nositelných zařízení integrovaných se schopnostmi hlubokého učení, s cílem rozpoznat nejčastější každodenní činnosti osob v domácnosti. Systém je navržený tak, aby mohl fungovat s minimálním zdrojem elektrické energie a měl možnost implementace na levných nebo vestavěných zařízeních. Systém je koncipován pro denní sledování aktivity a devět různých aktivit lze zvýraznit s přesností 97 %. [2]

Tom, R. J. a kol. se svou prací zaměřují na měření spotřeby energie jednotlivých spotřebičů domácností a v IoT aplikaci ukazují, které spotřebiče pracují při maximální špičce spotřeby domácností. Snaha jejich práce je vytvořit koncept řízení budovy tak, aby snížili poptávku po energii v tyto špičky. [3]

Akhter, F. a kol. cílí ve své publikaci na rozpoznání pohybu lidí pomocí senzoru. Snaží se o senzor zachycující pohyb lidí tak, aby rozeznal člověka od domestikovaných zvířat. Mezi parametry měření okolního prostoru patří vlhkost, tlak, oxid uhličitý. Sledovaná data jsou nahrána pomocí komunikačního systému Long Range Wide Area Network. Jejich algoritmus funguje s přesností 95 %. [4]

Asensio, J. A. a spol. se snaží aplikovat IoT do technologie KNX. IoT je nová technologie, která má svoje nedostatky, jako je například prodleva mezi telegramy předávaných informací. Další věcí je, že nástroje IoT nemají emulační funkce. Ve své práci se zaměřují na emulační funkce a aplikaci do budov využívající technologii KNX. [31]

Cao, K. a kol. popisují senzory napájené baterií, které komunikují v prostředí IoT. Problém této technologie je přibližný výpočet v reálném čase a fakt, že IoT technologie nepředpokládá mobilitu zařízení, tedy životnost baterií je krátká. Jedno z řešení je využít režimy senzoru v Online a Offline, čímž se prodlužuje životnost baterií. [5]

Dorri, A., Kanhere, S. S., Jurdak, R. a Gauravaram, P. se ve své práci zabývají decentralizovanou databází uchováající si počet záznamů, které se zvětšují. Tento typ databáze se nazývá „blockchain“. Tento druh sítě se třeba užívá u Bitcoinu. Blockchain používající peer-to-peer síť. Nevýhoda Blockchainu je, že má velké režijní náklady a zpoždění sítě. Autoři navrhuji algoritmus DTC (Distributed

Time-Based Consensus), který snižuje náklady a zpoždění. Aplikace algoritmu používají na službě lehce škálovatelný blockchain. [6]

Ilieva, S. a spol. navrhuje rámec IoT na integraci zařízení s krátkým dosahem, jak popisují v publikaci SmartFW. Tento rámec funguje jako prostředník mezi platformou pro koncového uživatele a připojení zařízení ovládajícího dům. Rámec smartFW je založen na standardu OSGi a v současné době podporuje komunikační protokoly zařízení Zigbee, EnOcean, KNX, X10, Z-Wave atd.. [7]

Kanal, A. K. a Kovacszy, T., ve článku publikovaném v Journal Article, zkoumají kvalitu životního prostředí vnitřních prostor škol a přednáškových sálů a její dopady na kvalitu učení. Používají parametry jako je teplota, vlhkost, hladina CO₂ a osvětlení. V dnešní době je ale málo shromážděných dat. Jedna z možností sběru dat je použití paradigmatu IoT. Jako senzory se používají desky BLE, které za pomoci technologie Bluetooth BLE-Wi-Fi fungují bezdrátově. Výhodou této aplikace je její cena. [8]

Li, X. a kol. ve své vědecké publikaci popisují měření CO₂ s využitím IoT sítě pro propojení senzorů od Bi-CMOS. Průlom v IoT v monitorování ekosystémů zahrnuje nové datové záznamníky a technologii bezdrátové senzorové sítě na velké vzdálenosti, která podporuje rychlý přenos dat ze zařízení do bezdrátových sítí.

Alireza Shamsoshoara a kol. popisují problematiku ve své práci takto: Jelikož IoT zařízení jsou rozsáhlé a požadavek na tyto zařízení je, aby měly nízkou spotřebu elektrické energie, vidí jako nutnost zabezpečit IoT zařízení vhodným zabezpečením proti hackerským útokům jako klíčové. Ve své publikaci se zabývají implementací zabezpečení pod názvem PUF (Physically Unclonable Function), která generuje tajné klíče pomocí ReRAM paměti vložené do IoT zařízení. [20]

Mojtaba Yousefi a spol. se zabývají systémem HEMS, což je zkratka pro Home Energy Management System, česky prediktivní systém pro řízení domácí energie. Systém umí operovat s tepelným čerpadlem, fotovoltaickými panely a dobíjením auta na elektrickou energii. To zaručuje snížení nákladů na spotřebu elektrické energie a snížení degradace baterie v elektromobilu zaručuje strategie MPC [9].

2 Smart Home

Chytrý dům se zařazuje pomalu, ale jistě, do standardu představ toho, co by měl domov představovat. Co majitele motivuje jít cestou inteligentního domu? Jedna z věcí je pohodlí například v případě vytápění. Ve standardním domě vytápěném kotlem na tuhá paliva musí být tento zdroj obsluhován člověkem, musí být čištěn a servisován, aby topil optimálně. Dále je třeba obsluhovat provoz pomocí kulových ventilů. Tento způsob je velmi časově náročný. Koncept Smart Home bydlení zaručí pohodlné ovládání automaticky z chytrého telefonu. Druhou z věcí je ekonomická stránka. Chytrý dům umí šetřit tím, že optimalizuje provozně technické stavy budovy tak, aby energetická náročnost budovy byla co nejnižší. Třetí z věcí je měření a analyzování provozně technických stavů budovy. Jedná se spíše o benefit pro vědeckou činnost. V současné době není moc naměřených dat o tom, co se v budově odehrává a jak případně zlepšit zdraví obyvatel v těchto budovách. Čtvrtý důvod je zlepšení životního prostředí v obydlích, ať už v podobě svícení, nuceného větrání, vytápění nebo chlazení objektu.

2.1 Historický pohled na Smart Home

Pojem chytrý dům byl představen kolem roku 1984. Ovšem koncept této myšlenky sahá do počátku 20. století. S příchodem mikroprocesorové techniky začaly přibývat různé druhy aplikací a jednou ze snah bylo je využít v běžném životě. Zanedlouho se objevovaly první výstavby inteligentních domů. V roce 1975 společnost Pico Electronics vytvořila první síť pro řízení domů s názvem Potocoldirected, která implementuje protokol X10. Dům měl ale řadu nedostatků, jedna z nich byla citlivost na elektrické připojení. [11]

Dům tisíciletí, neboli integer milenium house z roku 1998, vyrostl poblíž města Watfordu. Dům byl vybaven například úspornými spotřebiči, úspornými žárovkami, technologiemi zahrnujícími interaktivní zabezpečení a ovládání osvětlení, automatické ovládání žaluzií a rolet v závislosti na regulaci teploty a větrání. Tato stavba, zvaná také jako „zelený dům“, díky použitým materiálům a funkčním opatřením, spotřebovala o 50 % méně energie a o 30 % méně vody než u tradičního bydlení. [11]



Obrázek 1.1: První Smart home [11]

2.2 Definice Inteligentní budovy

Než se pustíme do popisu různých možností, jak se mohou ovládat provozně technické stavy, je potřeba si Definovat pojem Inteligentní budova (Smart Home).

První definice zní:

„Inteligentní dům je definován jako budova vybavená počítačovou a komunikační technikou, která předvídá a reaguje na potřeby uživatelů, s cílem zvýšit jejich komfort, pohodlí, snížit spotřebu energií, poskytnout bezpečí a zábavu pomocí řízených technologií v domě a jejich interakci s vnějším světem.“ [10]

Druhá definice zní:

„Inteligentní budova je taková budova, která poskytuje produktivní a rentabilní prostředí prostřednictvím optimalizace svých čtyř elementů a vztahy mezi nimi.“ [10]

Těmi elementy jsou konstrukce budovy, použité systémy v budově, služby a management.

2.3 Provozně technické stavy technologie Smart Home

V dnešní době se neustále rozšiřují technologie zabývající se konceptem Smart Home. Požadavky jsou následující: větší variabilita řízení provozně technických funkcí přes telefon, čidla přítomnosti osob nebo nadřazenou regulaci optimalizující provoz budov. Klasický koncept pro rodinný dům by měl zajišťovat vytápění a osvětlení budovy, avšak nové koncepty bydlení se zaměřují na ekonomiku bydlení a zdravé prostředí budovy, ať už za využití nuceného větrání, nebo ovládání intenzity světla.

2.4 Osvětlení

Jedním ze základních potřeb v domácnosti je, aby v ní bylo dostatečné osvětlení vnitřního prostředí. Standardní dům bez chytré elektroinstalace má ovládání osvětlení pomocí vypínačů. Koncept Smart Home se snaží realizovat osvětlení v budovách tak, aby bylo použito co nejméně kabeláže a možnosti ovládání a regulace osvětlení byly co nejefektivnější. V poslední době je trendem osvětlení řídit pomocí přítomnosti obyvatel, pomocí intenzity venkovního světla a také pomocí intenzity světla přímo v budově.

2.4.1 Protokoly řízení osvětlení

0-10 V front end – Standard 0-10 V je metoda řízená front-endem, ovládání zařízení pomocí analogového řízení zdroje proudu napětí. Jmenovitý rozsah regulačních napětí je od 0 do 10 voltů pozitivní. Tato technologie je často vidět v divadelních inscenacích nebo v architektonických systémech. Proudový zdroj 0-10 VDC se primárně používá pro zařízení na ovládání osvětlení, tj. ovladače a stmívače. Jedná se o bezplatnou topologii. [12]

DMX je standardní multiplexní protokol. Jsou dva multiplexovací standardy. AMX192 je analogové multiplexové uspořádání, které multiplexuje 192 různých analogových hodnot, a je proto vhodný i pro řízení 192 stmívačů. Pak existuje DMX512, kde je možné až 512 stmívacích prvků. [12]

DALI je protokol pro sběrníkové řízení osvětlení za pomoci digitálního adresování jednotlivých vypínačů a světel. V rámci osvětlovacího systému je každé svítidlo samostatně ovladatelné, ale vyžaduje pouze jeden kabel pro všechna zařízení v systému. Je možné přenášet příkazy k jednotlivým předřadníkům nebo skupině předřadníků. Maximální počet individuálně adresovatelných zařízení v jednom systému je 64. Datová rychlost DALI je 1200 bit za sekundu. Sběrnice DALI je dvou vodičová. [12]

ZigBee je standardem IEEE 802.15.4 pro přenos dat pomocí bezdrátové sítě. Komunikační protokoly využívají malá nízkoeenergetická digitální rádia. Používá se pro všechna svítidla, senzory a přepínače pro bezdrátovou komunikaci. Tím se lze vyhnout kabeláži budov. ZigBee je určen pro vysokofrekvenční (RF) aplikace, které vyžadují nízkou rychlost dat, dlouhou životnost baterie a zabezpečené sítě. [12]

KNX technologie bude rozebrána v kapitole 7.

2.5 HVAC

HVAC je zkratka pro topení, ventilace a klimatizace. Topení je v dnešní době realizováno mnohými zdroji od kotle na tuhá paliva přes plyn nebo zdroje s obnovitelnou energií, jako jsou tepelná čerpadla, fotovoltaika nebo centrální klimatizační jednotka. Chlazení je v budovách prováděno pomocí klimatizačních jednotek. V případě větších budov a systémů chlazení jde o VRV systém, kde má zařízení svou sběrnici s komunikačním protokolem. Nucené větrání je v budovách realizováno pomocí rekuperační jednotky, nebo ve větších budovách vzduchotechnickou jednotkou. Výrobci těchto zařízení se přizpůsobují dnešním trendům bydlení, tedy vyrábějí bezobslužné systémy s možností úspory energie. Koncept Smart Home jde v nabízeném komfortu a úspory energie ještě dál. Většina zařízení je regulována hrubou regulací, neboli centrálně, a do dílčích místností je regulace prováděna pomocí škrtících prvků (termohlavice, redukční ventil do vzduchotechniky, atd.). Pro jemnější regulaci použijeme místo mechanických regulátorů různé servopohony od elektronické termohlavice až po servopohony škrtících klapek vzduchotechniky. V případě, že užíváme jemnou regulaci, je třeba zdroji tepla, chlazení nebo přívodu čerstvého vzduchu říct, že má zmenšit nebo zvýšit výkon. Jednou z možností úspory energie je řízení rekuperačních jednotek. Většina rekuperačních jednotek je neustále zapnutá, ať už je v domě člověk, nebo ne a ať je koncentrace CO₂ jakákoliv. To zvyšuje potřebu energie. Nevýhodou je to, že rekuperační jednotka může nasávat znehodnocený vzduch z venkovního prostředí. Tyto věci se mohou za použití technologie Smart Home vyřešit.

2.5.1 Možnosti Regulování zdroje

On-Off – jde o skokovou regulaci zdroje. Používá se u elektrokotlů nebo plynových kotlů. Starší klimatizace a tepelná čerpadla měly tento způsob regulace taky.

0-10 V – výrobci většiny zařízení, ať jde o topení, chlazení nebo nucené větrání, používají ve svých zařízeních modulaci výkonu pomocí vstupního signálu 0-10 V. Pro tento účel mají buď doplňkové brány

(komunikační rozhraní) na signál 0-10 V, nebo mají tento modul zabudovaný přímo v sobě. Používá se u kvalitnějších rekuperačních jednotek, tepelných čerpadel nebo větších klimatizačních jednotek.

Modbus – tento komunikační protokol má zařízení formou vstupních brán jako doplňkový sortiment. Modbus-RTU je varianta komunikačního protokolu Modbus, který je široce používán pro přenos průmyslových dat. Organizace Modbus protokolu je dvojího typu. První je aplikační protokol Modbus, který strukturuje zprávy pro aplikační vrstvu klientovi /serverový režim/ a druhý je protokol Modbus Serial Line Protocol který funguje jako master – slave architektura pro vrstvu datového spojení, pro ASCII (American Standardní kód pro výměnu informací) protokol a vzdálená terminálová jednotka (RTU). [13]

KNX technologie bude rozebrána v kapitole 7.

2.6 Rolety

Venkovní rolety jsou jedna z možností, jak zabránit přehřátí budovy a zastínit skleněné plochy domu před slunečním zářením. Poslední funkce je soukromí v pozdních hodinách. Možnosti ovládání této technologie máme ruční nebo elektronické. Elektronické pomocí servopohonu můžeme ovládat pomocí vypínače, nebo modernějším způsobem pomocí soumrakového snímače. Regulace se zaměřuje na tyto parametry: světlo v místnosti, intenzita slunečního záření a teplota v místnosti. KNX technologie nabízí regulaci pomocí meteostanice, která zatáhne žaluzie v případě, že je rychlost větru příliš velká. Výrobci zabývající se touto problematikou jsou mnozí členové KNX asociace, LOXONE nebo elko.

2.7 Měření spotřeby energie

Měření spotřeby budov v konceptu Smart Home, na rozdíl od klasického měřáku spotřeby, má výhodu v tom, že spotřebu umí měřit v čase a je tedy možnost analyzovat spotřebu v domě. To vede k dalším možnostem, jako je například management spotřeby a následná optimalizace spotřeby energie.

2.8 Zabezpečení

Zabezpečovací systémy, jako jsou Jablotron, Paradox atd., mají svůj význam jen pro bezpečnost budovy proti vniknutí zloděje, nebo ochrany budovy před nehodou, jako je požár nebo vytopení. K zabezpečení používají čidla, jako jsou PIR čidla, okenní magnety nebo protipožární detektory. Tyto senzory jsou propojeny buď sběrnice, nebo pomocí bezdrátové periferie. Tito výrobci mají také možnost čidly provádět i jiný výstup, než je jen ten pro zabezpečení. Této vlastnosti se dá využít například u PIR čidla pro detekci přítomnosti osob v budově. Využít se dá i magnetu pro hlídání otevírání a zavírání oken. Při otevření oken vznikají tepelné ztráty. Pokud je nainstalována rekuperace nebo klimatizace, může docházet k rychlejšímu zanesení jejich filtru. V možnostech Inteligentního domu je reagovat na otevření oken vypnutím technologie, například rekuperační jednotky.

2.9 Vzdálené ovládání budov

Jedním z nejvíce propagovaných benefitů chytrého domu je možnost ovládání přes mobil či internet. Další výhodou je měření a zpracování provozně technických stavů budovy.

3 Přístroje a systémy pro řízení provozně technických stavů

K tomu, abychom mohli provozně technické stavy řídit, je potřeba mít v instalaci umístěny snímače, spínače nebo stmívače, které budou sloužit jako vstupy. Výstupy se realizují pomocí reléových spínačů, stykačů, nebo analogových výstupů. K tomu, aby bylo možné na základě vstupu spínat výstupy, je potřeba mít rozhodovací systém, který bude podle naprogramované logiky spínat dané výstupy.

3.1 Řídící systémy

Řídící systémy, neboli mozek celé aromatizace, se může rozdělit na tři skupiny:

- Centralizovaný systém
- Decentralizovaný systém
- Hybridní systém

3.2 Centralizovaný systém

K realizaci tohoto systému se použije prvek, který má veškerý výpočetní výkon na jednom místě a snímače jsou taženy k tomuto bodu, kde se připojí na svorky vstupu centralizované jednotky. Ta pak spíná výstupy podle naprogramované logiky. Tento systém je často realizován pomocí PLC regulátorů nebo produkty od firmy Loxone. [10]

3.2.1 PLC

Je zkratka pro Programmable Logic Controller v češtině programovatelný logický kontroler. Hlavním zástupcem na evropském trhu je firma SIEMENS. Další firmy jsou ABB, Mitshubishi nebo Schneider Elektrick. Výhoda těchto systému je, že čidla se dají vyměnit za jiná se stejnou charakteristikou (vstup 0-10 V za 0-10 V). V této práci bylo vyhodnoceno jako ideální řešení použití PLC Siemens LOGO!, průmyslová verze Rapsbery pi pod názvem Unipi a Idec PLC.

Siemens LOGO! a Unipi jsou rozebrány v kapitole 9.

3.2.1.1 PLC IDEC

Jde o cenově přijatelnou japonskou značku PLC. Programuje se pomocí programu Automation Organizer, který je zdarma při zakoupení zařízení. Jeho předností je snadná programovatelnost pomocí ladder programovacího jazyku. Rozlišení je 12bitové a napájí se pomocí 24 V DC. Modely jsou vybaveny komunikačními porty RS232C, RS485, ethernetovým portem a podporou komunikace Modbus TCP a RTU. Paměťovým prostorem je 384 kB. Vhodné pro ovládání přes prostředí Node-RED. [13]

3.2.2 Loxone

Firmu založil v roce 2009 Thomas Moser a Martin Öller v Rakousku.

Firma se zabývá veškerým komfortem, který může Smart Home nabídnout, ať jde o osvětlení, nucené větrání nebo sound systémy.

Centrální jednotky jsou realizovány za pomoci mini serveru, který má možnost instalace buď do rozvaděče, nebo přímo na stěnu. Jedna z novinek tohoto výrobce je sběrnice Tree, kde není třeba každý

snímač, nebo každý spínač, vést kabelem zvlášť, ale propojí se pomocí jednoho kabelu. Tím pádem instalace nezabere tolik času a sníží se tak náklady na realizaci. Nevýhodou je však výměna komponentu v případě, že výrobce komponentu přestane systém podporovat. Pak může dojít k situaci, kdy při poruše nebude možné vyměnit jeden komponent a systém se bude muset vyměnit celý. [14]

3.3 Decentralizovaný systém

Decentralizované systémy, jak už z názvu plyne, nemají řídicí centrum v jednom místě nebo v jedné řídicí jednotce. Čidla a spínače nejsou taženy jednotlivými vodiči, ale komunikace mezi jednotlivými vodiči je tažena sběrnice. Sběrnice přístup spočívá v tom, že data mezi jednotlivými zařízeními se posílají jako bitové informace. Dalším kritériem je, aby každý prvek jako je aktor, senzor nebo spínač fungoval nezávisle a měl svou vlastní inteligenci.

Decentralizovaný systém byl vyvíjen proto, aby se ulehčilo vedení vodičů v rozsáhlých budovách. Instalace tohoto systému jde snadněji rozšířit o další prvky. Komponenty lze vyměnit i za jiné v případě, že podporují stejný decentralizovaný systém.

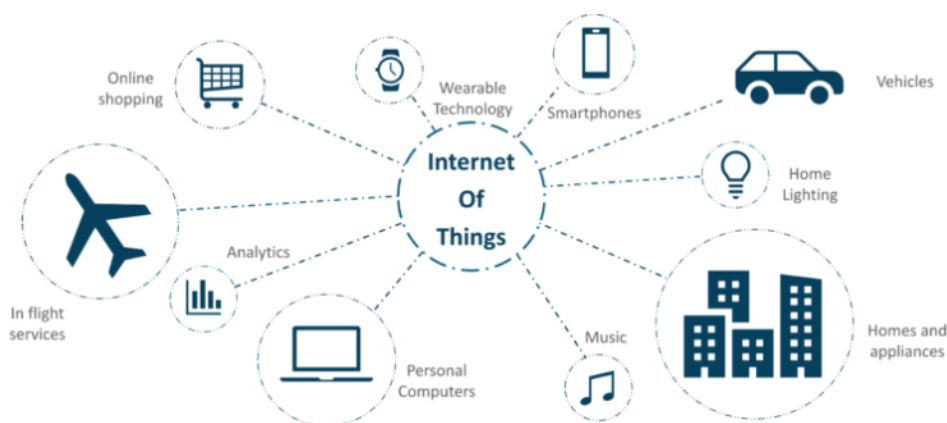
První, kdo se začal touto myšlenkou zabývat, byla firma Siemens, která začala pracovat na systému EIB v 80. letech. Tento systém bylo ovšem potřeba rozšířit pro více firem, tak byl v roce 1987 založen spolek Instabus – Gemeinschaft. Přes všechno úsilí ale stále v Evropě zůstávaly i jiné sběrnice systémy, a to Batibus a EHS. Došlo tedy ke spojení všech tří standardů pod názvem KNX. O tomto systému bude psáno v kapitole 7. [10]

3.3.1 LON (Local Operating Network)

Local Operating Network je komunikační platforma, která používá pro komunikaci po sběrnici protokol LonTalk. Pro komunikaci používá kroucenou dvojlinku, napájecí síť, bezdrátové spojení nebo optické vlákno. LonTalk byla vyvinuta podle modelu ISO/OSI. [26]

4 IoT

Internet of Things, neboli internet věcí, je systém decentralizovaných zařízení, která si data posílají pomocí cloudového úložiště nebo po internetu. Tyto data zasílá z větší části nějaký senzor, který naměří fyzikální veličinu a posílá ji pomocí brány na cloudové úložiště. Zde je možné provést nějaký sled programů a poslat jej k autorovi, který zadaný úkon vykoná. Tento přístup má řadu výhod i nevýhod. Jedna z výhod je, že se může použít jakýkoliv senzor pro posílání jeho informací do sítě. Přijmout jej může libovolný přijímač ze sítě, pokud má tu možnost. Jedna z nevýhod je zabezpečení dat ze sítě, protože informace zasílané senzorem nemohou být tak časté.



Obrázek 1.2: Možností aplikace IoT [14]

4.1 Definice IoT

Před seznámením se s hlavními myšlenkami IoT je potřeba pojem IoT definovat. Tato definice zní:

„Sít fyzických zařízení, vozidel, domácích spotřebičů a dalších zařízení, která jsou vybavena elektronikou, softwarem, senzory/čidly, a hlavně síťovou konektivitou. Ta umožňuje těmto zařízením navzájem se propojit a vyměňovat si data.“ [30]

4.2 Odvětví IoT

Smart Home

Detailněji je popsán v kapitole číslo 4.

Průmysl 4.0

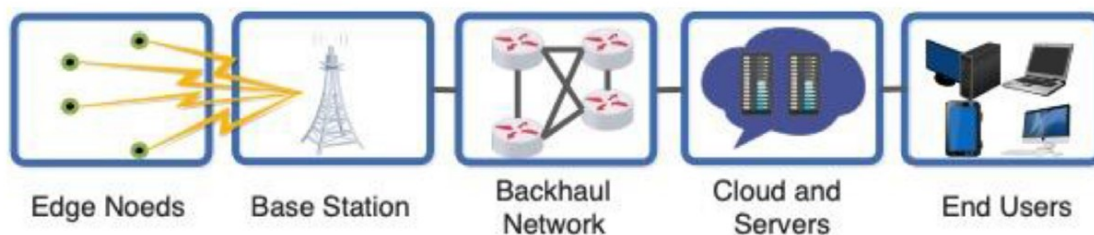
Aplikace pro dodavatele energií fungují tak, že odečty za energie se odečítají dálkově, což má výhodu jak ze strany dodavatelů energií, tak přináší úsporu času pracovníků stráveného v terénu a zjišťováním aktuální spotřeby energie. Další z výhod jsou ostrovní čidla, která zaznamenávají funkčnost strojů.

Chytrá města

Vize budoucnosti je monitorovat spotřebu energie v jednotlivých budovách, kvůli špičkám spotřeby energie. Dalším z odvětví je autodoprava, tedy optimalizování dopravy přes města.

4.3 Přenášení dat

LPWA je nové komunikační schéma, které využívá nízkou spotřebu energie k dosažení komunikace M2M s dlouhým dosahem a nízkou přenosovou rychlostí dat. Ukazuje typickou síťovou architekturu LPWA, která je podobná typické architektuře celulární sítě. Techniky LPWA mají obvykle topologii hvězdné sítě. Okolní data jsou shromažďována na uzlech a přenášena na základové stanice. Vzhledem k regulacím pracovního cyklu základových stanic nemusí technologie LPWA přenášet velké množství dat z brány do uzlů, což sníží spotřebu energie a zvýší spolehlivost komunikace. [14]



Obrázek 1.3: *Architektura LPWA [14]*

LoRa (Long Range) je komunikační protokol, který byl vyvinut a komercializován společností Semtech Corporation. Jde o nově vznikající technologii fyzické vrstvy, která funguje na nelicencovaném pásmu pod 1 GHz pro zajištění širokopásmové sítě. V Evropě je k dispozici 433 MHz a 868 MHz. 868 MHz je nejčastěji používán kvůli jeho širší frekvenci a méně přísným požadavkům na pracovní cyklus. Přijímá modulaci rozptýřeného spektra odvozeného z modulace Chirp Spread Spectrum (CSS) na implementovanou obousměrnou komunikaci. [14]

NB-IoT (NarrowBand IoT), komunikace (MTC) a rozšířené pokrytí GSM (EC-GSM) patří do členství 3GPP. NB-IoT poskytuje širokou škálu komunikace a nízké náklady na specifické aplikace IoT s nízkou datovou rychlostí. Liší se od ostatních dvou nových technologií. NB-IoT je považován za novou technologii, která může koexistovat, ale není plně zpětně kompatibilní s existujícími technologiemi 3GPP. Přes NB-IoT je integrován do LTE standard, zjednodušuje mnoho funkcí LTE pro snížení nákladu a minimalizovat spotřebu energie. [14]

4.4 Cloudy pro IoT

Jak už bylo zmíněno, tak veškerá data ze senzoru v IoT aplikacích se posílají na cloudové úložiště a z něj se mohou data zpracovávat. Je řada poskytovatelů těchto úložišť. Následně budou představeny některé z nich.

4.4.1 Microsoft azure

Toto úložiště používají větší firmy, jako je třeba Schneider Electric nebo Rolls-Royce.

Tento poskytovatel má služby, jako je IoT Hub pro monitoring, Event Hub pro měření dat na dálku, stream analytics pro zpracovávání toku dat v reálném čase a další aplikace.

4.4.2 Google Cloud Platform

Od firmy Google lze pořídit startovací desku, která se jmenuje Seeed Studio pro Beaglebone Green Wireless, ta představuje komunikace s Google Cloud Platform.

4.4.3 Oracle cloud

Jedna z výhod tohoto poskytovatele je ta, že provoz této aplikace může běžet i na soukromých serverových zařízeních. Vlastník této serverovny může být poskytovatelem této služby.

4.4.4 IBM Bluemix

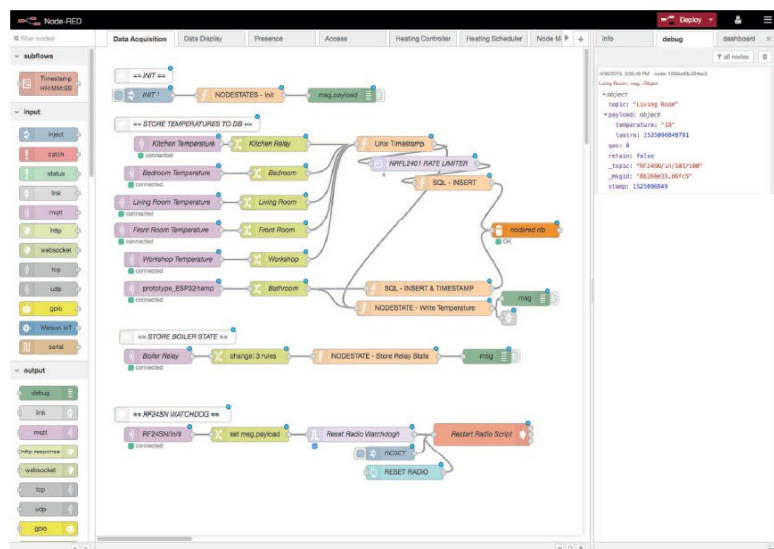
Kromě toho že IBM je poskytovatel aplikace Node-RED, tak je i poskytovatelem platformy Watson, která umožňuje okamžitý přístup k naměřeným datům. Tato služba používá protokol MQTT a http requesty.

4.4.5 Samsung Artik cloud

Tento poskytovatel nabízí hardware v podobě bezpečnostního modulu, který má podporu konektivity ZigBee, Wi-Fi Bluetooth. Díky otevřené API lze mít snadnou domácí automatizaci. [28]

4.5 Node-RED

Node-RED je druh programovacího nástroje, který byl vyvinut v IBM. Tento programovací jazyk je založen na toku dat a běží na Node.js. Jeho výhodou je snadné programování a rekonfigurovatelnost. Na rozdíl od tradičního řádkového programování zde uživatel používá grafické programování pomocí uzlu. Uzly jsou rozděleny do vstupů, výstupů a funkcí. Operace programu je definována zprávami, které se šíří danými uzly. Zprávy nebo akce vyvolány zprávou jsou definované logikou, kterou uživatel vložil do programu. Každá sada uzlů může zahrnovat větve, podmíněné bloky nebo směrování zpráv pro zlepšení vlastností programu. Tímto způsobem definujeme chování a vztah mezi různými prvky, které mohou být jasně vizuálně vidět. Vytvořená „kódová základna“ je uspořádána do jedné nebo více označených karet, které jsou hodnoceny jednotlivě. Kromě toho jsou poskytovány nástroje pro vizualizaci dat a interakci uživatelů ve formě widgetů, jako jsou grafy, měřidla, přepínače, textová pole atd.. K programování není potřeba zkušeností s programováním, což výrazně zvyšuje množství potenciálních uživatelů takového systému. Node-RED je open source technologií, která má velkou podporu v materiálech, ať už pro tvoření vlastních uzlů, tak s plnohodnotnými programy. Tato technologie se stále více zaměřuje výzkumem IoT vzhledem k jeho rychlé rekonfiguraci a snadnému použití. Aplikace nejsou statické a implementace internetu věcí jsou značně četnější a užitečnější. Pokročilejší uživatelé mohou psát vlastní funkce v Javascriptu, html seskupení funkcí do uzlů pro snadné opakované použití a vytvořit zcela nové uzly s přizpůsobenou funkcí. Rozsah proměnné a objekty jsou také dostupné pro ukládání do vyrovnávací paměti a komunikaci dat v rámci programu. Node-RED je skvělou volbou pro požadavky na konfigurovatelnou logiku a rámec pro zpracování dat. Skutečnost, že je přístupný novým uživatelům s vynikající komunitou, vzniká podpora pro domácí automatizace. [15]



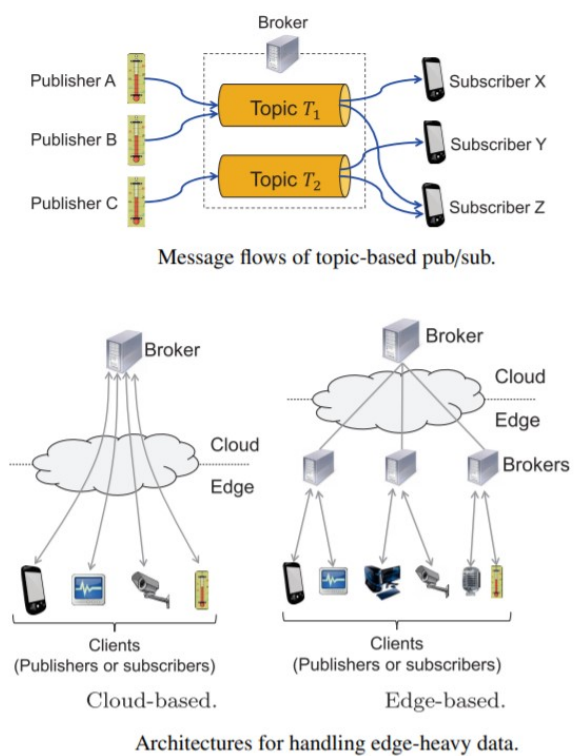
Obrázek 1.4: Programování v aplikaci Node-RED [15]

4.6 MQTT

MQTT přitahuje mnoho akademických a průmyslových zájmů v posledních letech jako jedny z klíčových technologií služeb IoT. Je to protokol tematických pub/sub messagingů, ve kterém jsou zprávy vyměňovány logickými kanály nazvanými „topic“, jak je znázorněno ve vrchní části obr. 1. 5. MQTT používá server s názvem „broker“ pro správu topic a zprostředkování mezi odesláním a odběrem. Toto paradigma poskytuje komunikaci odděleně mezi klienty. Ačkoli typické systémy IoT umístí zprostředkovatele MQTT v cloudu, tak má MQTT centralizovaný systém řadu úskalí. [16]

Kvůli velké vzdálenosti našeho systému a datového centra dochází k velké latenci.

Dalším problémem je velikost spotřeby datových zdrojů.



Obrázek 1.5: Znáznění komunikace pomocí MQTT protokolu [16]

4.7 Security v rámci IoT

Na implementaci technologie IoT ve Smart Home je kladen důraz na bezpečný provoz bez penetrace systémů třetí stranou. Jelikož IoT posílá data přes internet, tak se otevírá možná cesta k narušení domovní automatizace. Hackeři se začínají stále více zajímat o IoT aplikace. Vyplyvá to ze studie, kde mezi rokem 2018 a 2019 vzrostl počet útoků o 300 % na 2,9 miliard útoků. Motivů útočníků je hned několik:

Pro útočníky je důležité zjistit, zda je někdo z obyvatel doma, což je zjistitelné z přenášených dat. Přítomnost jde zjistit kupříkladu z informací čidel provozně technických funkcí.

Dalším zájmem těchto útočníků je samotný HW, který se v domě nachází. Například spotřební elektronika, která disponuje čím dál víc výkonnějším HW. To jsou například chytré kávovary, lednice, systém siry atd.. V podstatě jakýkoliv HW, který má dostatečný výpočetní výkon rozjet OS Linux, pak lze využít, a to buď k těžbě bitcoinu nebo případně jako prostředníka k hackerským útokům.

Další věc je, že zařízení jsou na Wi-Fi síti, kde se pracuje s citlivějšími daty, jako jsou bankovní účty, soubory atd.. Je nutné si uvědomit že IoT je jeden z bodů, kterým se útočník může dostat do vašeho domu a implementovat vhodné prostředky, aby k tomu nedocházelo. [20]

Jedním z odvětví IoT, který se zabývá tímto problémem, je security. Je mnoho způsobů, jak zabezpečit IoT zařízení. Jednotlivé možnosti zabezpečení:

VPN – jedním z kroků je ztížit přístup na vaše zařízení přes VPN tedy Virtual Private Network. Tato síťová technologie vytváří zabezpečené síťové připojení, kde provoz prochází přes jiný server. A data přes něj k vám přicházejí přes šifrovaný tunel. Jedním z poskytovatelů této služby, konkrétně pro IoT, je Olivia, kde je možné VPN pro vaše zařízení pronajmout.

SSH – Protokol umožňující zabezpečenou komunikaci mezi dvěma zařízeními. Komunikace pomocí šifrovaného tunelu, který vyžaduje autentizaci obou účastníků.

Editor a Admin security – Dostatečně silné heslo může snížit riziko penetrace systému, jelikož v této práci bude zabezpečení pomocí SSH.

Zabezpečení interface a sběrnice – Systémy s KNX už mají taky odpověď na zabezpečení svých zařízení. Zabezpečení je dvojího druhu. První je KNX IP Secure a druhé je KNX data secure.

KNX IP secure slouží k zabezpečení IP komunikace mezi internetem a KNX sběrnici.

KNX data secure chrání komunikaci před útokem u všech médií.

Bezpečnostní standardy těchto zařízení jsou normované podle normy ISO 18033-3. Tyto zařízení šifrují komunikaci mezi zařízeními. Funguje zde ověřovací šifrování. Tento přístup je velice bezpečný, jelikož telegramy jsou pro třetí stranu nečitelné.

5 KNX

KNX je komunikační standard, kde je datový přenos realizován pomocí metalické kabeláže "Twisted Pair 1", neboli krouceným párem. KNX je decentralizovaná technologie, kde každý komponent KNX standardu, ať je to vypínač, čidlo nebo aktor, má svůj Mikroprocesor (vlastní inteligenci). Aplikace těchto přístrojů je praktičtější pro domy, byty nebo hotely, kde dochází k častější přestavbě nebo změně dle požadavku zákazníka na vlastnosti inteligentní budovy. Jedním z výhod tohoto systému je, že se při realizaci nemusí komponenty brát jen od jednoho výrobce, protože KNX protokol podporuje více než 370 členů. KNX se zabývá provozně technickými stavy budov, jako je osvětlení, stmívající prvky, zabezpečení budov, měření energie budov, HVAC (topení, chlazení a nucené větrání), monitorování provozně technických stavů budov. K programování těchto zařízení je použit ETS program, kde se nastavují tzv. individuální adresy zařízení nebo nastavení skupinových objektů a nastavení parametrů jednotlivých funkcí zařízení. [17]

5.1 Historie KNX standardu

Koncem roku 2003 byl standard KNX schválen v CENELEC (Evropská norma pro elektronické systémy pro domy a budovy). Koncem roku 2006 byl KNX schválen jako celosvětová norma a v roce 2007 byl zpracován čínský překlad této normy. Původně KNX měla 9 členů, dnes je to více než 370 firem zabývajících se instalačními přístroji a bílým zbožím. [17]

5.2 Komunikační protokol KNX

KNX si adresy posílá na základě poklesu napětí na sběrnici. Síť je napájena pomocí zdroje s tlumivkou na 30 V. Tlumivka slouží k udržování přesné hodnoty napětí 30 V. Protokol KNX má 8bitovou informaci. Signál je posílán po dvou vodičích, tedy při instalaci se může použít silové vedení, kde jsou aspoň dva volné vodiče. Když není na sběrnici napěťový signál, tak je logický stav "1" a přednost má přístroj, který má přístroj nastavený na stav "0".

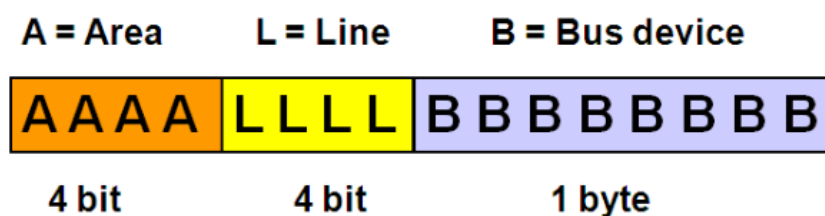
V případě, že komunikuje více přístrojů najednou, se řídí telegramy podle protokolu CSMA/CA (carrier sense multiple acces with colliesion Avoidance), tedy metodou s vícenásobným přístupem s nasloucháním nosné informace. Jakmile přístroj detekuje stav "0", přestane vysílat a umožní vysílání datového telegramu jinému přístroji.

Komunikační protokol nejprve vyšle svůj telegram a poté čeká na jeho potvrzení. Jeden znak zprávy zabírá 11 bitů a telegram má od 8 do 23 znaků. Odesílání probíhá tehdy, pokud sběrnice není obsazená. Sběrnice odesílá 50bitový děj a potvrzení děje je 15bitovým odesílacím telegramem a přijetí trvá 20 až 40ms. Rychlost telegramu po sběrnici je kolem 9600 bitů za sekundu. [17]

5.3 Topologie KNX sběrnice

Jak už bylo řečeno, tak každé zařízení na sběrnici má svou individuální adresu. Tato adresa má formát, který je na obrázku 1.6, kde šedá kolonka ukazuje adresu zařízení, žlutá adresu linie a oranžová adresu oblasti. Už podle velikosti jednotlivých pozic se může zjistit maximální počet zařízení v daném

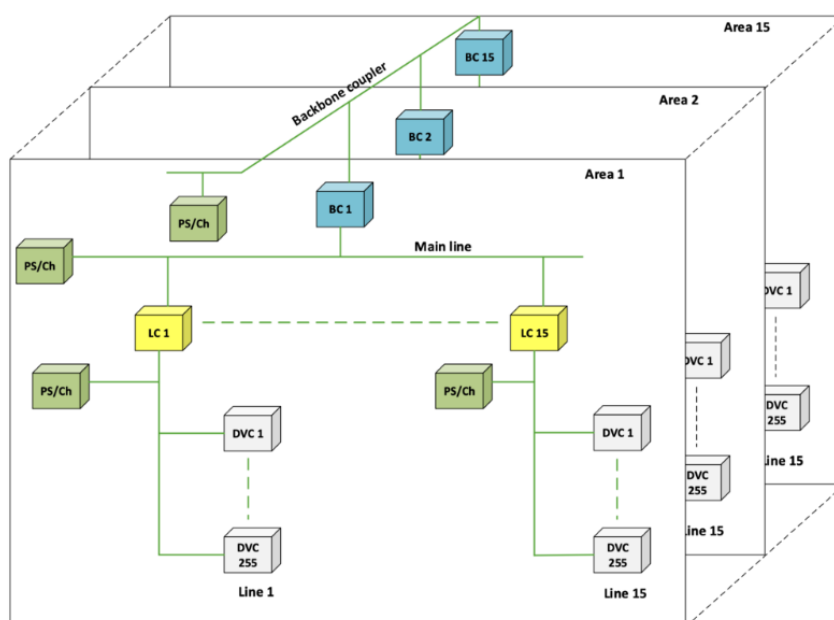
segmentu, zařízení může mít maximálně 255 zařízení za použití opakovačů. Zařízení 0-255 se může dát na liniový segment. Těchto liniových segmentů může být až 15. Jsou spojeny pomocí hlavní linie. Mezi hlavní linií a liniovým segmentem je použité zařízení tzv. liniová spojka. Adresy těchto spojek se zapisují do žlutého pole. Hlavních linií může být 15 a jsou propojeny k páteřní linii pomocí oblastní spojky. Každá z těchto spojek má adresu v oranžovém poli. Zařízení pro liniovou a oblastní spojku je totéž, jen s jinou adresou v topologii sběrnic. [17]



Obrázek 1.6: Adresace zařízení KNX [17]

5.3.1 Schéma Topologie KNX

Na obrázku 1.7 je schéma topologie maximální možné instalace KNX zařízení, kde může být až 58000 zařízení. Zkratka DVC (Device) zařízení jsou zařízení na linii. Další prvek každé topologie KNX je PS/Ch (Power Suply with Choke) napájení s tlumivkou. Tento prvek musí být na každé liniové spojkce, hlavní linii a páteřní linii, z důvodu zajištění stabilního SELF napětí. PS/Ch jsou různé typy podle požadavku na velikosti proudu jednotlivých smyček, protože každé zařízení má určitý odběr proudu. [17]



Obrázek 1.7: Schéma páteřní linie, hlavní linie a liniový segment [17]

5.3.2 Instalace KNX

Instalace kabeláže je dvou vodičová, buď pomocí YCYM2x2x08, nebo pomocí kabeláže přímo od KNX, který je 4 vodičový, kde je bílý, žlutý, červený a černý kabel. Impedance smyčky by měla mít 75 Ω.

Napětí po těchto vodičích je "SELF". Napětí, tedy bezpečné napětí, sběrnice KNX má 30 V. Zařízení v rozvaděčích, ať jsou to stmívače, reléové prvky pro světla nebo žaluzie, se instalují na spodních řadách pod silovou částí rozvaděče z důvodu nižší teploty spodní částí. Každé zařízení na sběrnici je napojeno červeným a černým kabelem. Bílý a žlutý slouží na propojování napájecího zdroje a tlumivky. Jelikož KNX zařízení má v sobě elektroniku, která je náchylná na přepětí, je nutné mít v rozvodu přepětíovou ochranu. Pro KNX je charakterizovaný svodič přepětí SPD typu 1. [17]

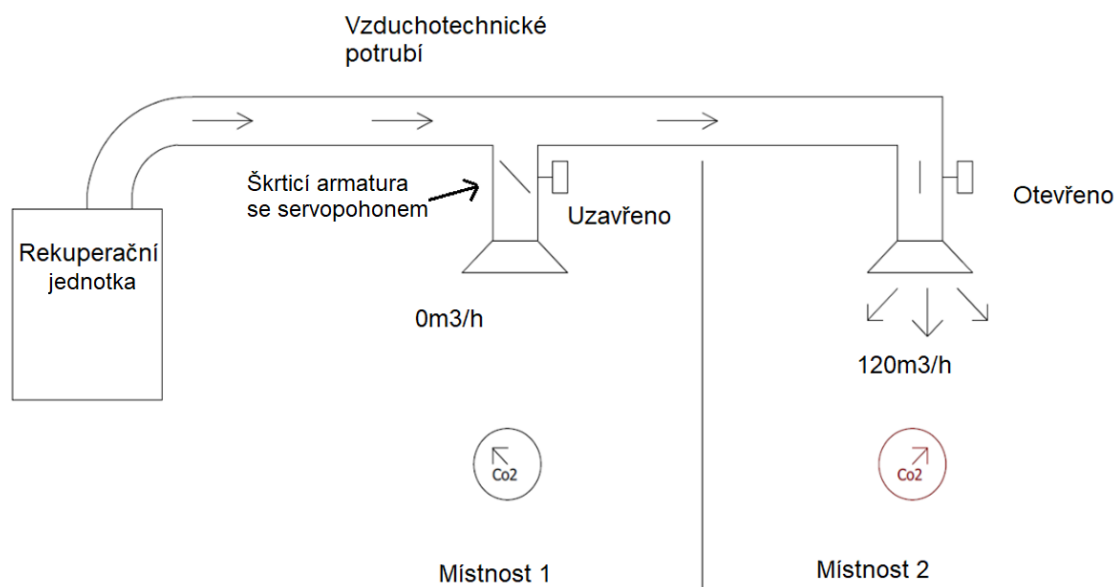
6 Možnosti úspory energie v rámci Smart Home

Jednou z možností, jak zajistit úsporu energie, je monitorování přítomnosti obyvatel obydlí. Například pokud zapneme žárovku v místnosti bez ohledu na dostatečné světlo, které dodává sluneční energie, nebo tuto místnost nikdo neobývá, máme neustálý odběr elektrické energie, která se může ušetřit. Pokud však dáme do stejné místnosti čidlo, které nám bude zapínat žárovku jen v případě snížené světelné pohody v místnosti nebo přítomnosti osoby v budově, tak zjistíme, že ve finále bude žárovka zapnutá ne 24 h, ale jen poměrnou část dne.

Obdobně se tento příklad může aplikovat na nucené větrání. Například rekuperační jednotka Zehnder Q600, která je dimenzovaná pro bytovou jednotku 2x 4+1. Pro tento příklad je předpoklad deseti lidí v objektu. Podle normy pro nucené větrání by byl výpočet přísunu čerstvého vzduchu pro tento objekt 500 m³/h. Při těchto parametrech má rekuperace odběr 207 W každou hodinu, a to neustále bez ohledu na to, jestli jsou všichni obyvatelé objektu v budově či nikoliv. Jedná se o tabulkovou hodnotu, která je však v reálu vyšší. V případě, že bude v každé místnosti čidlo CO₂, tak každá větev rekuperace bude řízená klapkou s elektro pohonem. Poté je k rekuperaci přidána karta, které se může modulovat výkon v rekuperaci 0-10 V. Dále v místnosti, která je prázdná a nemá požadavky na přísun čerstvého vzduchu, stačí do místnosti přivádět jen 10 % čerstvého vzduchu. Dům bude mít tím pádem nižší požadavek na přivádění čerstvého vzduchu a nebude potřeba mít instalovanou tak výkonnou rekuperační jednotku. Proto stačí rekuperace od Zehndru Q350, která má i nižší pořizovací náklady. Znázornění, jak tato regulace funguje, viz obrázek 1.8.

Regulace je řešená následovně: existují místnosti OB1 a OB2 a v každé z nich je čidlo CO₂, které snímá koncentraci CO₂ v prostoru. V případě, že koncentrace v prostředí vzroste CO₂, otevře se klapka výduchu tam, kde je potřeba dodat čerstvý vzduch, jak je tomu v OB. Dále dá regulace rekuperaci povel 3 V pro zvýšení výkonu. V případě, že koncentrace opět klesne pod hladinu plus hystereze, tak se klapka uzavře, jak je tomu v OB1 a regulace dá povel rekuperační jednotce 0 V, že je zapotřebí snížit výkon rekuperační jednotky.

Tím, že bude rekuperace dodávat čerstvý vzduch jen tehdy, když je potřeba, se sníží i spotřeba elektrické energie. [27]



Obrázek 1.8: Schéma řízení rekuperace

6.1 Další možnosti úspory energie

Větší vliv na úsporu má, že obdobný přístup regulace je využít pro centrální klimatizaci, kde energetická náročnost na vytápění a chlazení je vyšší, než na nucené větrání. S ohledem na to, že vytápění vzduchem nemá takovou akumulaci jako topení za pomoci radiátorů nebo podlahového vytápění, je monitoring přítomnosti obyvatel důležitým prvkem pro větší úsporu elektrické energie. Predikce pohybu lidí s čidlem měřící světelné energie může zvýšit úsporu za množství vypotřebované energie na svícení.

6.2 Energy management a možnosti měření spotřebované elektřiny

Jednou z dalších možných aplikací v Smart Home je Energy management. Jde o měření spotřebované energie v reálném čase, analýzu a následné možnosti řídit, jak energii lépe využívat. Aplikace tohoto systému je příhodnější, pokud jsou v budově instalovány například fotovoltaické panely, vytápění systému pomocí tepelného čerpadla nebo má dům wall box na nabíjení automobilu.

Aby bylo možné implementovat tuto technologii, je zapotřebí mít zařízení, které umí nejen měřit spotřebovanou energii v reálném čase, ale i měřit proud a napětí v reálném čase. K tomu lze využít několik přístrojů:

Elektroměr s pulsním výstupem – Většina elektroměrů má výstup pulzů. Ten udává například 2000 impulsů za kWh, a to lze přivést na vstup regulátoru, který bude umět počítat pulzy v čase. PLC toto umí vyhodnotit a za předpokladu, že napětí v síti bude konstantní známá hodnota, tak lze si dopočítat spotřebovávaný proud. [21]

Chytrý elektroměr s Modbus výstupem – Jde o elektroměr, který informace o veličinách jako jsou proud, napětí, výkon, spotřebovaná energie atd. posílá pomocí Modbus zpráv a je možné tyto zprávy číst, měřit a analyzovat. [23]

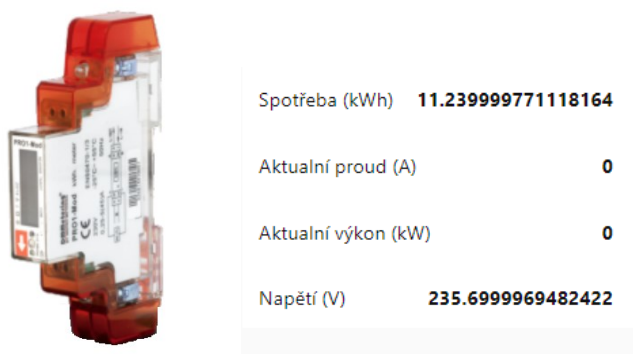
Elektroměr s KNX sběrnici – Jde o přístroj zaznamenávající spotřebu v kWh a měření proudu. Data posílá po sběrnici, což zajišťuje rovněž měření spotřebované elektrické energie v reálném čase. Tyto informace jsou vhodné pro analýzu spotřebované elektrické energie. Analýza spotřebované energie

6.3 Analýza spotřebované energie

V této práci, kromě měření aktuálních hodnot teploty, vlhkosti a CO₂ v reálném čase, se bude měřit i spotřebovaná elektrická energie v reálném čase a měření proudu v reálném čase. Posuzovat se bude dostatečnost větrání objektu bez nuceného větrání, konzumace elektrické energie při neustálém větrání, jak je tomu u rekuperace, a konzumace elektrické energie pro regulované odsávání. Po posouzení naměřených hodnot se optimalizuje regulace s ohledem na dodržení komfortu objektu a spotřebovanou elektrickou energii.

6.4 Měření spotřebované elektřiny

Pro měření spotřebované elektrické energie v reálném čase byl vybrán chytrý elektroměr od firmy Inepro, typové označení PRO1-Mod, který kromě výstupu pro pulzní signál má i výstupní svorky pro komunikační protokol RS485 Modbus. V protokolu Modbus RS485 umí chytrý elektroměr posílat zprávy, které obsahují měřená data o napětí, proudu, výkonu, celkovém výkonu, reaktivním a aktivním výkonu nebo jiných veličinách souvisejících se spotřebou elektrické energie. Údaje lze pak prezentovat třeba v NR [25]



Obrázek 1.9: *Nalevo chytrý elektroměr, vpravo prezentovaná data [25]*

7 Konektivita Siemens LOGO! a KNX

V této bakalářské práci se bude propojovat s KNX zařízením malé PLC od firmy Siemens, které se jmenuje LOGO! 8. Pro tuto aplikaci musí být použit nejnovější modul, protože předcházející modely nemají možnost propojení vstupů a výstupů přes internet. Před přechodem k detailnímu popisu hardwaru a konektivity těchto zařízení, je třeba si představit možnosti, jak by se dal propojit PLC modul s technologií KNX

7.1 Rozšiřující modul pro KNX

Siemens Logo má svůj vlastní rozšiřující prvek, který lze použít jako interface pro KNX sběrnici. Jmenuje se Komunikační modul Ethernet EIB/KNX, Ethernet, RJ45 4 portů 2 x vstup 2 x výstup 24 V DC LOGO! 8. Tato varianta je nejméně náročná na programování a nastavování. Nepotřebuje implementaci zařízení třetí strany. Nicméně je dražší a nemá takovou škálu možností programování a měření, které poskytuje třetí strana. [16]



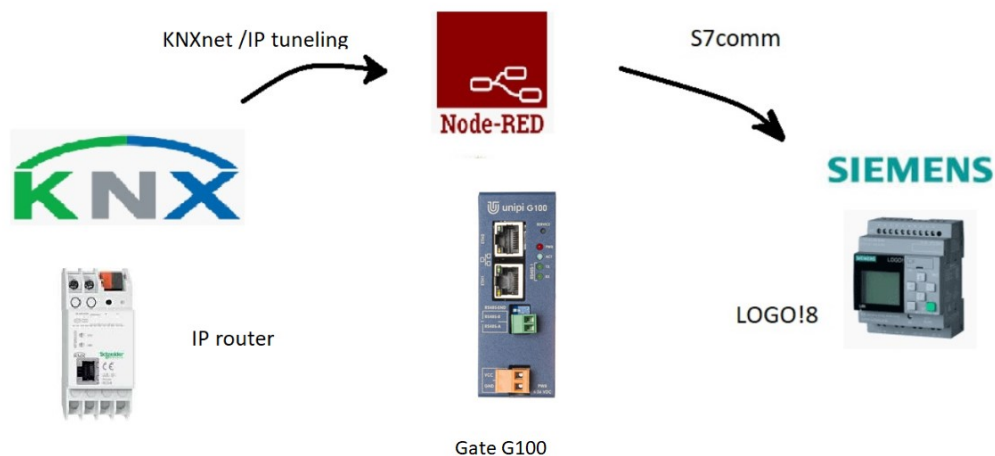
Obrázek 1.10: Rozšiřující modul pro KNX [16]

Modul má, jak je patrné z obrázku 1.10, svorky pro párovou dvojlinku, která je charakteristická pro komunikační protokol KNX.

7.2 Využití komunikačních protokolů v aplikaci Node-RED

Složitějším způsobem je pro propojení použít IoT aplikaci s názvem Node-RED, která propojí použité PLC s KNX technologií. Node-RED má vlastní uzly, které podporují komunikační protokoly. Tyto protokoly zajišťují konektivitu mezi zařízeními, které byly použity pro tuto práci. Jeden se jmenuje Node-Red-Contrib-s7, ten propojí LOGO s Node-RED a druhý se jmenuje IP Tunneling a ten propojí Node-RED s KNX technologií za použití KNX IP routeru. Přes zařízení IP router lze komunikovat s aplikací Node-RED. Aby Node-RED fungoval, musí být provozován na nějakém HW zařízení, serverovně nebo musí provoz zabezpečovat některý z poskytovatelů aplikací Node RED, jako je například IBM. Pro tuto práci bylo zvoleno zařízení, které je upravenou verzí Rpi, přičemž bude zabezpečovat provoz aplikace

NR. Toto zařízení se jmenuje Unipi GateG100 a kromě dvou ethernetových vstupů má i svorky pro komunikaci přes Modbus RS485. Jeho výhodou je, že potřebuje na chod méně energie než počítač a nebo samotné Rpi. Unipi GateG100 je cenově dostupné a vhodné pro měření a analyzování dat, která budou posílat v regulátoru. Vizualizace propojení je na obrázku 1.11.



Obrázek 1.11: *Propojení mezi LOGO a KNX*

7.3 Zařízení, na kterých lze provozovat Node-RED

7.3.1 Raspberry pi

Jedním z přístupů, jak levně provozovat regulaci pomocí programovacího prostředí Node-RED, je použití jednodeskového počítače Raspberry pi. Je to levná a pro výzkum nebo simulování dějů vhodná varianta. Toto zařízení je nevhodné pro implementaci do provozu nebo chytré domácnosti, protože nemá patřičné testy pro tyto aplikace. Výhodou tohoto zařízení je, že jde HW libovolně upravovat.

7.3.2 Siemens IoT 2040

Značka Siemens se začala přizpůsobovat trhu a myšlenkám IoT a průmyslu 4.0. Vytvořila svou oficiální IoT bránu. Jde vlastně o průmyslovou verzi Raspberry Pi a Arduina v jednom těle určeného pro průmyslový standard.

Parametry:

CPU: Intel Quark x1020 (x86400MHz) s bezpečnostními funkcemi

Paměť: 1 GB RAM, 8 MB FLASH, 256 kB

SRAMorty: 2xCOM (přepínatelné RS232/422/485), 2 x RJ45 ETHERNET, 1 x USB controller + 1 x USB device

Operační systém: Arduino/Yocto Linux - běží z SD karty

Integrované periferie: baterií zálohované hodiny RTC, LED diody, Watchdog

Provozní teplota: 0 až 50°C

Tento komponent běží na operačním systému Linux stejně jako raspberry pi.

Tento komponent běží na Linuxu stejně jako raspberry pi.



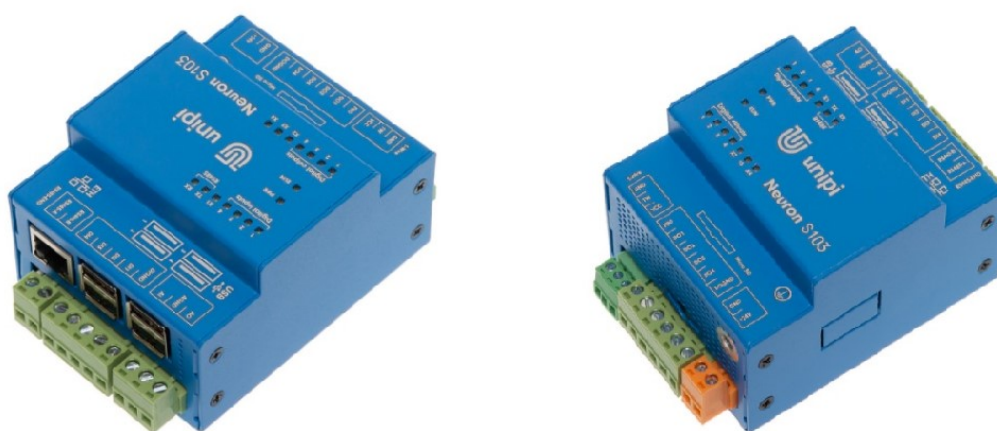
Obrázek 1.12: *IoT Gateway od firmy Siemens [29]*

Výhody tohoto hardwaru jsou, že jde o výrobek určený pro průmyslové aplikace. Má v sobě nainstalované bezpečnostní prvky (security), takže je velmi obtížné systém napadnout. Výhodou jsou větší možnosti propojení za pomoci konektorů. Siemens má v automatizacích na českém trhu dominantní postavení, takže tento prvek by šel použít jak pro domácí automatizace, tak pro průmyslové aplikace.

Nevýhodou tohoto zařízení je vyšší cena oproti jednodeskovým počítačům. [29]

7.3.3 Unipi Neuron S103

Jedná se o zařízení, které produkuje stejný výrobce, stejně jako zařízení UniPi Gate, které je



použito v této práci. Rozdíl mezi těmito zařízeními je ten, že Gate G100 slouží jen jako komunikační brána a Neuron S103 má navíc ještě 4 digitální vstupy a výstupy, podporu 1-wire sběrnice a jeden analogový vstup a výstup. Zařízení má stejně jako Rpi bluetooth, wi-fi a HDMI port, který Unipi Gate rovněž nemá. [23]

Obrázek 1.13: *Moduly UniPi Neuron S103[23]*

Výhody:

1-Wire rozhraní používají Dallas čidla, světla a jiné prvky které lze využít pro automatizaci. Obdobně jako KNX lze libovolně tyto zařízení propojovat po sběrnici (za sebou do stromu, hvězdy atd. svou unikátní adresu.

Nevýhody: používá software od Linuxu který se může zacyklit, jde o novinku na trhu a může mít ještě některé věci nedotažené do konce. [23]

8 Popis praktické úlohy, prostředí měření a implementace regulace

Pro tuto bakalářskou práci se vybraly úlohy, ve kterých se data ze vstupních zařízení s KNX sběrnice posílají do zařízení s názvem IP router. Ten bude pomocí KNXnet/IP tunneling posílat data do Unipi Gate, na kterém poběží program Node-RED a ten za použití komunikačního protokolu S7comm data zasílá do Siemens PLC LOGO!8. LOGO!8 bude podle pokynů spínat příslušné výstupy. V této práci jde o propojení dvou různých zařízení, které fungují na úplně odlišných principech – centralizovaný systém a decentralizovaný systém. Zařízení jsou od odlišných výrobců a k propojení není zapotřebí interface jako komunikační spojky pro jiná zařízení. Složitější algoritmy budou napsány v prostředí Node-RED, kde by pro KNX musel být použit logický modul a v prostředí Soft comfort ho není možné napsat. Výhody a úskalí implementace IoT v těchto zařízení budou rozebírány v diskuzi.

8.1 Zadané úlohy

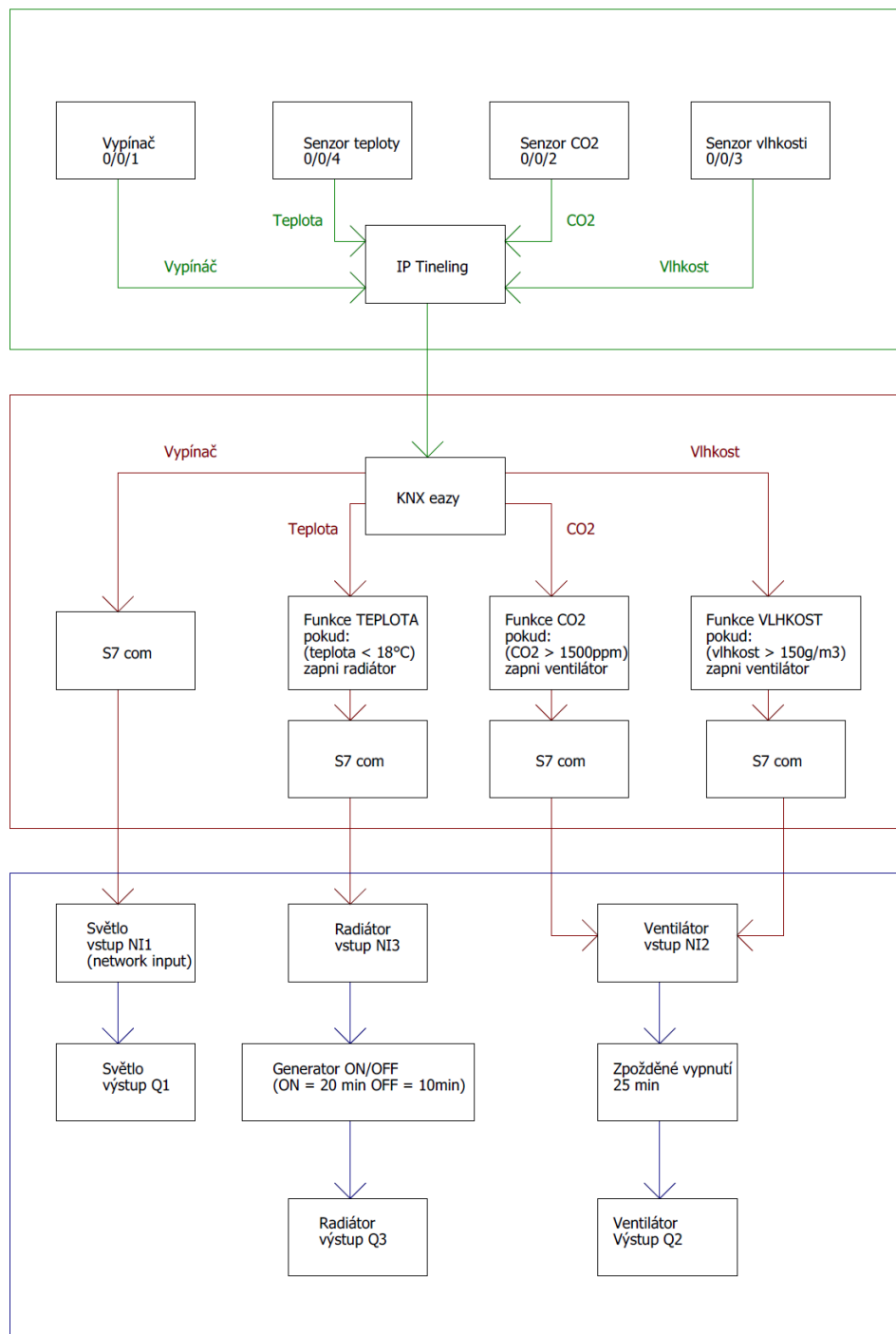
V této práci budou řešeny čtyři různé úlohy, které jsou vzestupně složitější na konektivitu.

První úlohou je konektivita mezi vypínačem na světlo a rozsvícení světla za pomoci reléového výstupu od PLC Siemens LOGO!. Je to základní úloha, kde se ověří funkční spojení.

Druhou úlohou je zajištění konektivity mezi čidlem vlhkosti a reléovým výstupem PLC Siemens LOGO!, který bude spínat odsávání v místnosti koupelna.

Třetí úlohou je zajistit konektivitu mezi čidly CO₂ a reléovým výstupem, který bude spínat přivádění čerstvého vzduchu do místnosti koupelna.

Čtvrtou úlohou je zajistit konektivitu mezi čidlem teploty a reléovým výstupem, který bude spínat topný zdroj v místnosti koupelna.

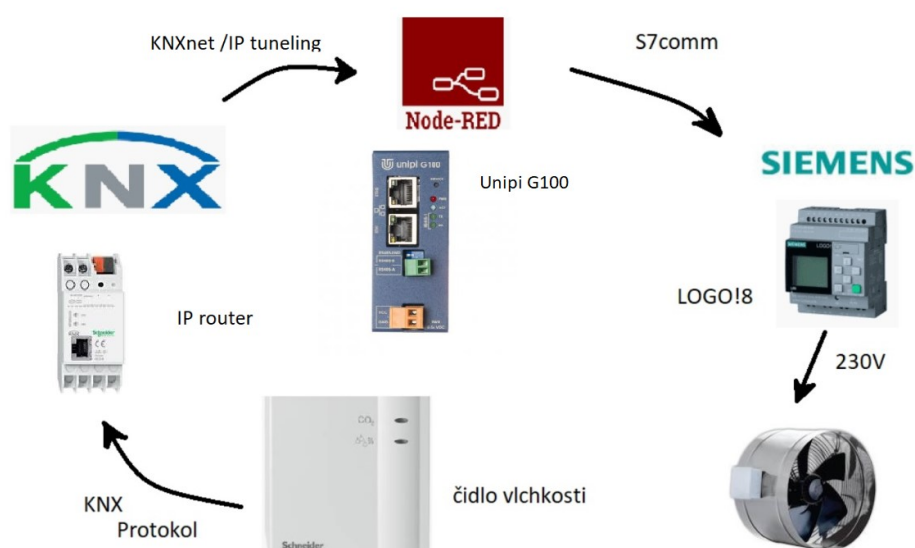


Obrázek 1.14: Blokový diagram úloh na konektivitu

8.2 Úkoly potřebné k funkční konektivě

1. Zvolení a instalování vhodného softwaru do zařízení Unipi Gate, na kterém poběží program Node-RED.
2. Propojení Unipi s internetovou sítí.
3. Instalace Hardwaru do rozvaděče.
4. Naprogramování LOGO!8 v programovacím prostředí Soft comfort (definování vstupu, ethernetového připojení, IP adresy, nakonfigurování S7comm protokolu v prostředí Soft comfort).
5. Propojení Node-RED a LOGO!8 (definování vstupu, IP adresy Loga, naprogramování výstupu loga v prostředí Node-RED).
6. Nastavení individuálních adres, skupinových adres a parametrů KNX zařízení v programovacím prostředí ETS5 (nahrání prvku, společná a individuální adresace prvku).
7. Nastavení KNX IP routeru pomocí IP tunelingu v prostředí Node-RED.
8. V prostředí NR vytvořit testovací spojení mezi KNX vypínačem a výstupem loga.
9. V prostředí Node-RED vytvořit funkční program, který podle hodnot kombinovaného čidla CO₂, teploty a vlhkosti bude spínat reléový výstup LOGO!.
10. Měření koncentrace CO₂ a vlhkosti v čase v aplikaci Node-RED.
11. Měření spotřeby energie.
12. Zabezpečení aplikace před kybernetickými útoky (Security).

Komunikace probíhající mezi jednotlivými zařízení jsou znázorněny na obrázku 1.14. Znázornění úlohy je zobrazeno na obrázku 1.15.



Obrázek 1.15: Grafické znázornění úlohy bakalářské práce

9 Požítý Hardware a jeho napojení

V předchozí kapitole se nastínily možnosti úlohy BP a v této kapitole bude rozebírán HW, který bude použit v rámci BP.

9.1 Siemens LOGO!8

Siemens LOGO!8 je malé průmyslové PLC od firmy Siemens. Konkrétně je použita verze s čtyřmi Relay výstupy pod katalogovým číslem 6ED1052-1MD08-0BA0

Aby konektivita fungovala, musí být LOGO ve verzi 8, protože ta má funkční blok network input, který je pro konektivitu nezbytný. Má možnost 400 programovacích bloků. Jde o verzi s displejem

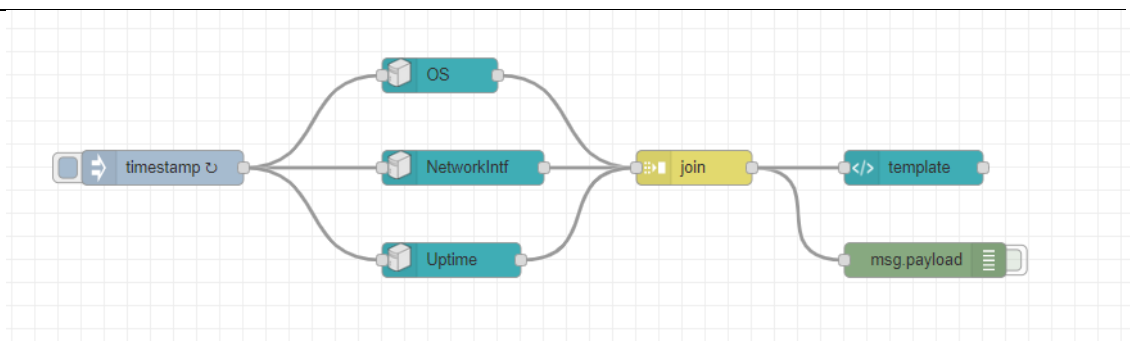
9.2 Unipi Gate G100

Zařízení slouží jako převodník z komunikačního protokolu RS485 na Ethernet. Základ tohoto zařízení je postaven na čtyř jádrovém procesoru ARM A53 o taktu 600MHz, 512 MB RAM a 16GB eMMC paměti. Na rozdíl od Rpi má nižší spotřebu a pro implementaci do zpracovávané úlohy je volba tohoto zařízení vhodnější. V tomto zařízení je NR přeinstalován, nebo jde OS přehrát na jiné programovací prostředí. Svorky RS485 se použijí pro komunikaci s chytrým elektroměrem, který bude měřit a posílat spotřebu elektrické energie, proudu a napětí v reálném čase.



Obrázek 1.16: *Unipi Gate G100* [23]

Zařízení se programuje nebo nastavuje za pomoci notebooku. Unipi Gate musí být na stejné síti jako notebook. Pokud se do vyhledávače zadá adresa <http://g100-sn10> objeví se stránka odkazující na webové rozhraní, na kterém běží NR. Tuto funkcionalitu zajišťuje blok, který je už součástí instalace SW. Software se nainstaluje za pomoci usb rozhraní, do kterého se zapojí flash disk, na kterém je nahrán SW. Popis instalace a zprovoznění je vysvětlen v příloze 1. Blok v NR je znázorněn na obrázku 1.17. [23]



Obrázek 1.17: *Blok, který je použit při spuštění*

9.3 Hardwarové prvky použité pro programování a konektivitu KNX s IoT aplikací

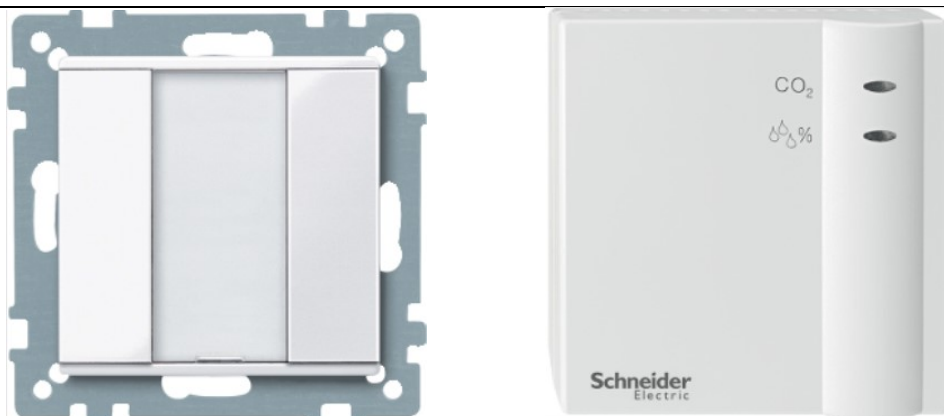
Aby bylo vůbec možné z programu ETS nahrát program do zařízení, je zapotřebí mít uživatelské rozhraní. V této práci bylo použito zařízení MTN681829. Z počítače je program nahrán do KNX zařízení přes toto rozhraní za pomoci USB kabelu typu B. Data se budou ze sběrnice KNX do aplikace Node-RED posílat za pomoci přístroje s názvem KNX/IP router REG-K pod katalogovým označením MTN680329. Topologie sběrnice je taková, že IP medium je pro páteřní linii a TP medium je pro ostatní linie. Pro rozdělení linií slouží zařízení Coupler REG-K MTN680204. Tyto prvky pro svou funkci spotřebovávají maximálně 40 mA. [22]



Obrázek 1.18: Vlevo uživatelské rozhraní, uprostřed IP router, pravo coupler [22]

9.4 Snímače a spínací prvky s protokolem KNX

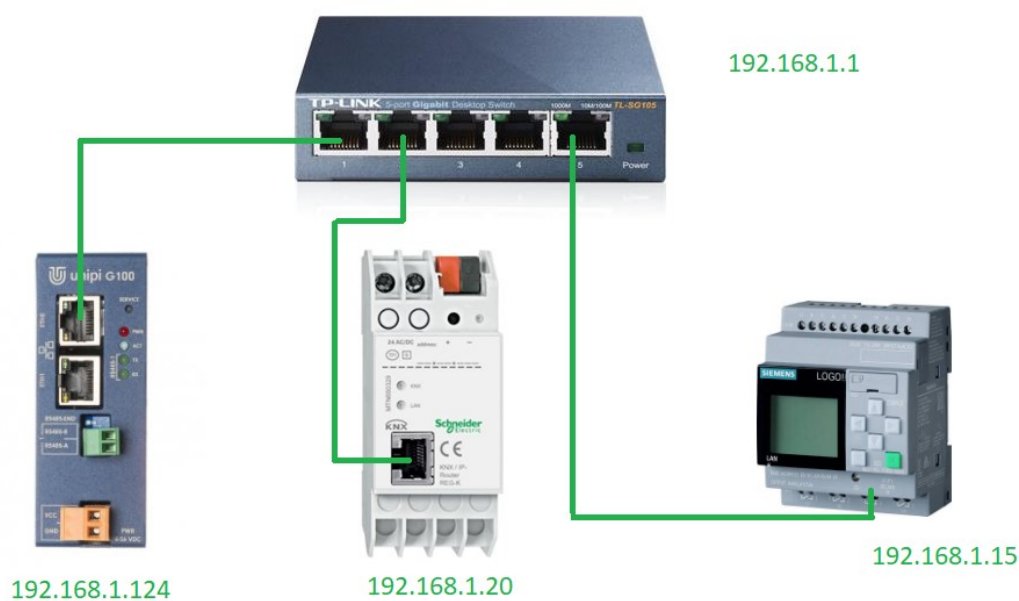
K modelovým příkladům, které se realizují v této práci, se použije vypínač Exxact KNX push-button 1-gang white WDE002931, který umožní spínat a vypínat světlo, čidlo KNX CO2 a humidity and temperature sensor AP MTN6005-0001. Tento senzor dokáže měřit koncentraci CO2 v rozsahu od 500 ppm do 2550 ppm. Čidlo vlhkosti měří absolutní vlhkost v rozsahu 20-100 % a teplotu 0-40 °C. Čidla mají elektrickou spotřebu maximálně 10 mA. [22]



Obrázek 1.19: Po levé straně 1-gang push button v pravo senzor Co2, vlhkosti a teploty [22]

9.5 Napojení Hardwaru na Ethernet

K napojení zařízení se použije ethernetový switch. Datové propojení je mezi datovým switchem a regulátory je provedeno za pomoci UTP kabelu a kabel je zakončen konektorem RJ45. Topologie zapojení sítě a IP adresy zařízení jsou na obrázku 1.20.



Obrázek 1.20: Napojení ethernet na zařízení

Místo switche je možné použít router s vlastním switchem. Díky tomu pak můžeme programovat zařízení na síti přes wifi za pomoci notebooku, tedy není nutné mít napojený notebook na hardware za pomoci kabelu.

9.6 Funkce jednotlivých zařízení

LOGO! bude sloužit jako akční člen. To znamená, že bude spínat výstupy, na kterých bude napojeno světlo, ventilátor a topná tyč radiátorů. V LOGO se budou programovat i časové prodlevy výstupu, jejich omezení, popřípadě generátor pulzu.

KNX bude sloužit jako zařízení vstupu (vypínač) a senzorů (vlhkosti, teploty a CO₂). V ETS5 se budou nastavovat vhodná surová data ze snímačů.

Gate G100 je zařízení které bude mít dvě úlohy:

1. Slouží jako zařízení, na kterém je zajištěna aplikace NR. V NR se naprogramuje, za jakých podmínek se budou spínat výstupy LOGO.

2. Slouží jako zařízení, které umí sbírat zprávy po sběrnici Modbus RS485 a implementovat je do prostředí NR.

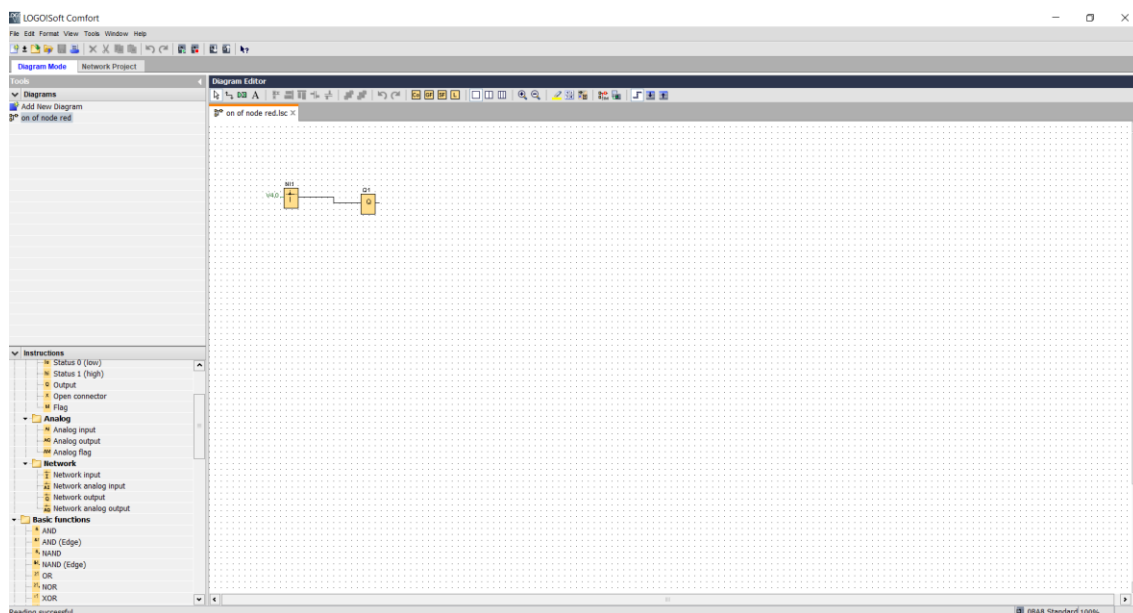
10 Použitý software

V této bakalářské práci bylo využito programovací prostředí Node-RED. Pro Siemens LOGO byl použit software Soft comfort. Pro KNX byl použit ETS5.

Prostředí NR je podrobněji popsáno V kapitole o IoT.

10.1 Soft Comfort

Soft comfort je IDE, pro PLC Siemens LOGO!. Jedná se o prostředí, které lze programovat za pomoci programovacího jazyka FBD (Function Block Diagram) nebo za pomoci Ladder, tedy spojení vstupu a výstupu, kde logika programu je v jednotlivých řádcích. Na rozdíl od vyšších PLC tohoto výrobce, kde je využíván program Tia portal nebo Simatic step 7, kde je možné programovat PLC větší sadou příkazů. Je to pochopitelné vzhledem k tomu, že HW vyšších řad jako je Simatic 1200 nebo 1500 je vybaven vyšším výpočetním výkonem, této skutečnosti ale odpovídá i jejich cena. Programovací prostředí je ukázáno v obrázku 1.21

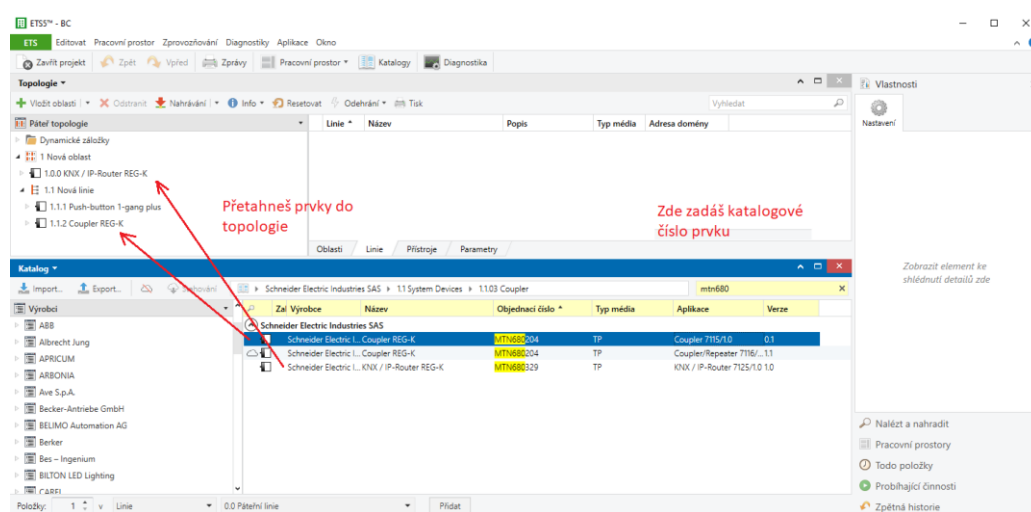


Obrázek 1.21: Programovací prostředí Soft comfort.

V této bakalářské práci se použil FBD programovací jazyk, protože nebylo třeba pracovat s velkým množstvím proměnných. Podrobnější popis a práce s prostředím je popsán v příloze č.1.

10.2 ETS5

ETS5 je software, který se používá pro všechna technická zpracování využívající tento komunikační standard. Velkou výhodou tohoto programovacího přístupu je, že nezáleží na tom, jestli do instalace byla implementována technologie od výrobce značky Siemens, Schneider nebo ABB. Pokud je projekt vytvořený v ETS a zálohován na pevném nosiči, tak je možné do této instalace implementovat jiného výrobce. V tomto prostředí se nastavuje topologie sběrnice, do které se přímo vkládají přístroje instalace. Je možné je vyhledat přímo v záložce katalogu, ve kterém se prvky buď stáhnou přímo v ETS, nebo stáhneme dílčí prvky pro ETS na stránkách výrobce. Jednotlivým prvkům sběrnice se přiřadí individuální adresy a nastaví se jim parametry. Přidělení skupinových adres slouží k realizaci některé z funkcí řízení provozu budov. Příkladem může být tlačítko jako vstup a světlo jako výstup. Podrobněji bude program rozebírán v příloze č.1. Zázornění prostředí ETS je na obrázku 1.22.



Obrázek 1.22: *Prostředí ETS*

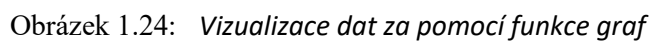
10.3 Software v Gate G100

Software použitý pro tento regulátor vychází z debainu určeného pro Rpi, který se pomocí flashdisku nahraje do servisního módu zařízení. Podrobný postup je k dispozici na webové adrese: <https://kb.unipi.technology/cs:hw:025-gate:image>

Prostředí, které bude k realizaci této práce zapotřebí je Node-RED. V prostředí NR bude zapotřebí nastavit jednotlivé uzly a měření dat pomocí uzlu Graf z knihovny Dashboard.

Ukázka prostředí ve finálním naprogramování je na obrázku 1.23.

Ukázka vizualizace je na obrázku 1.24.



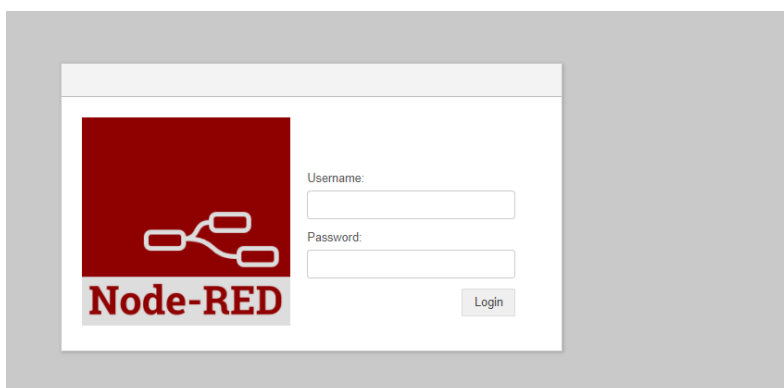
11 Security a zabezpečení Node-RED

Jedním ze zadaných úkolů je samotné zabezpečení aplikace NR hardwarem, který zabezpečuje provoz NR. Protože jak Unipi Gatetak NR jsou vstupní bránou k přístupu do sítě objektu. Tato kapitola je o možnostech zabezpečení systému, nebo aspoň ztížení penetrace systémů natolik, aby odradila případné útočníky. Tento úkol má dvě části. V první části je úkolem zabezpečit samotné zařízení Unipi GateG100. Toho docílíme za pomoci zabezpečení SSH protokolem. K realizaci tohoto zabezpečení bude zapotřebí mít na počítači SSH client pro Windows s předinstalovaným programem pod názvem Putty. Díky tomu se počítač může připojit na příkazový řádek samotného Gate G100. Zabezpečení Gate G100 je defaultně nastaveno na přihlášení pod uživatelským jménem „unipi“ a s heslem „Unipi.technology“. Po přihlášení se heslo může změnit. To se provede pomocí příkazu „sudo passwd“ a podle zobrazených pokynů se heslo změní dle potřeb uživatele. Druhým úkolem je zabezpečení samotného NR, protože jakmile je v instalaci uvedena veřejná ip adresa, tak kdokoli, kdo zadá do vyhledávače příslušnou ip adresu a port, se může dostat do programovacího prostředí a změnit aplikaci dle libosti. Toto představuje problém, jelikož při vyšší úrovni programátorských dovedností se lze v prostředí NR dostat do samotné sítě. Zavedení hesla a vytvoření uživatele se udělá tak, že do příkazového řádku Gate G100 se napíše příkaz `cd /home/unipi/.node-red`. Tímto příkazem se otevře složka, kde je uložena aplikace NR a pomocí příkazu `mcedit settings.js` se otevře nastavení NR. Příkaz pro nastavení hesla je v obrázku 1.27. Heslo je generováno pomocí hash funkce. Hash hesla se vygeneruje pomocí příkazu `node-red admin hash-pw`. Po zadání tohoto příkazu se systém zeptá na heslo. Jakmile heslo zadáme, vygeneruje hash hesla, která se vloží za `password:`.

```
// Securing Node-RED
// -----
// To password protect the Node-RED editor and admin API, the following
// property can be used. See http://nodered.org/docs/security.html for details.
adminAuth: {
  type: "credentials",
  users: [{
    username: "lukas_trlica",
    password: "$2a$08$E5J8VC7NmaDk/vG4kE1XBuh/11YwdZh5L0H2pM1Vap.1FOZ7F1rWm",
    permissions: ""
  }]
},[]
```

Obrázek 1.25: Kód na přidání uživatele a hesla

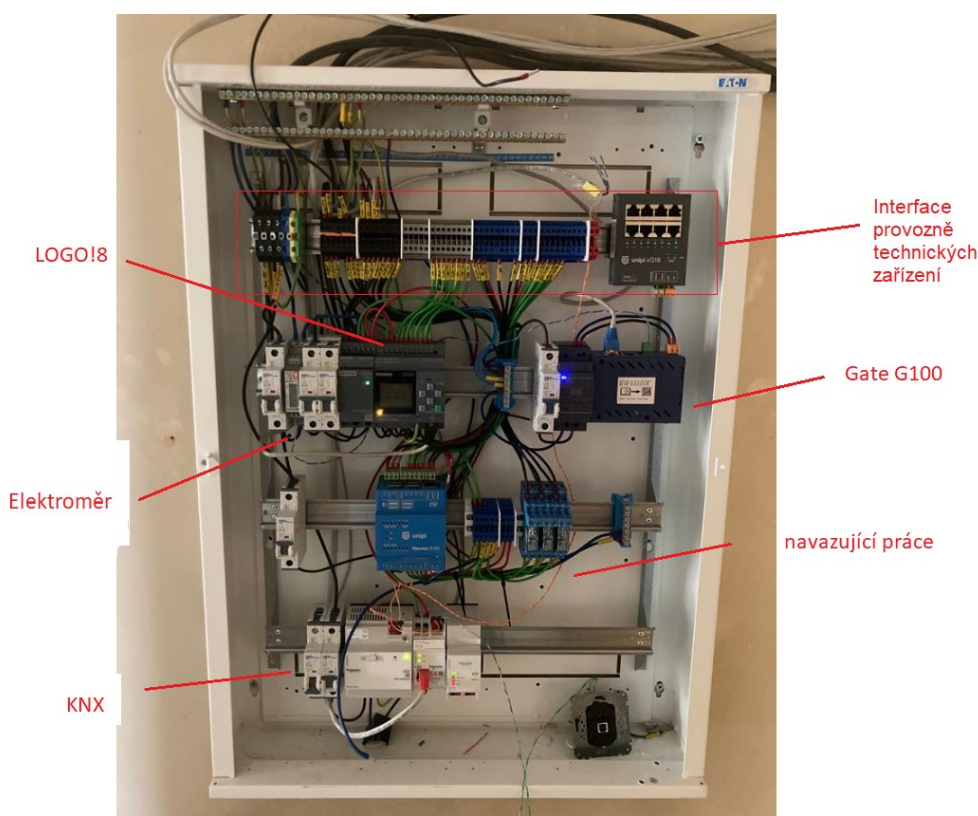
Po uložení kódu se restartuje systém shoení na jističi a po zadání ip adresy na, kterém běží NR se ukáže tabulka na zadání uživatele a hesla



Obrázek 1.26: Přihlašovací okénko

12 Prostředí měření a implementace technologie

Měření a zkoušení proběhlo na dvou místech. Prvním místem byla učebna EB312, kde se vyzkoušela první konektivita LOGO a 1gang vypínače na KNX sběrnici za pomoci notebooku a NR která běžela na notebooku. Druhá implementace byl dům, kde nastal problém s vlhkostí a plísní. Snaha této implementace je zjistit, jak dostatečně je objekt větraný a jak tento problém vyřešit. Implementováno bylo čidlo MTN6005-0001, které měří v koupelně teplotu, vlhkost a CO₂. Pro regulaci byl vytvořen podružný rozvaděč o 76 pozicích od firmy Eaton, kde byla technologie MaR nainstalovaná. Rozvaděč je napájen pomocí kabelu Cyky-j 5x2,5 mm, kde jsou regulátory jištěny jističem LTE B2. Relé jsou jištěny za pomoci jističe LTE B10. K jednotlivým internetovým rozhraním byl převeden UTP kabel z půdního prostoru, kde se nachází datový switch kabel zakončený konektorem RJ45. Čidla a akční členy jsou propojeny s regulací RSA svorkami do velikosti vodiče 2,5 mm (interface). Napájení reléových výstupů je napojeno přes elektroměr, který měřená data o spotřebě posílá pomocí Modbus protokolu RS485 za pomoci dvoužilové metalické kabeláže do Unipi Gate. Do místnosti koupelna bylo nainstalováno čidlo MTN6005-0001, které měří teplotu, vlhkost, CO₂. Do stropu místnosti se vyvrtala díra o průměru 112 mm, do které se vsadilo vyústění vzduchotechniky. Odsávání zajišťuje ventilátor Vents 100 tt. Protože při odsávání dochází k poklesu teploty, byla do topného žebříku vsazena topná tyč o výkonu 600 W jako pomocné vytápění. Oba akční členy byly napojeny na výstup LOGA Q2 a Q3.

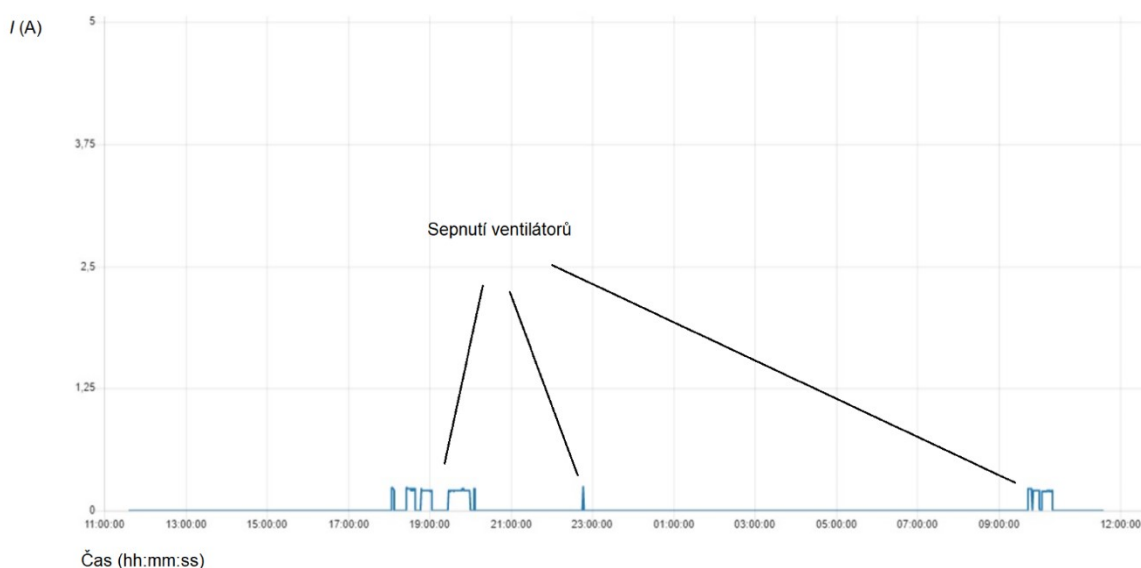


Obrázek 1.27: Podružný rozvaděč

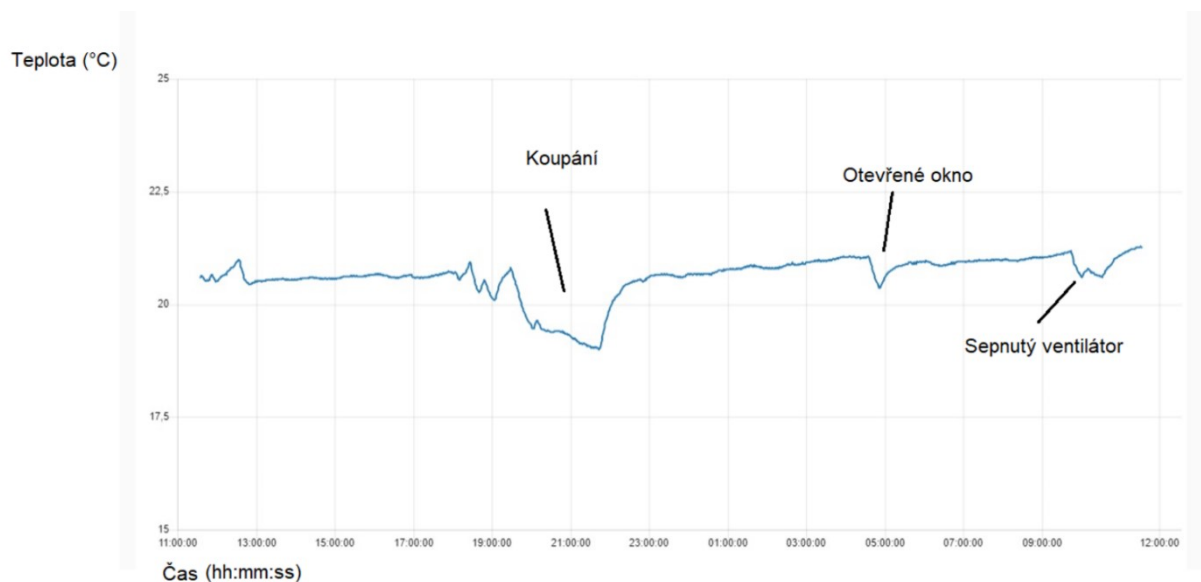
13 Naměřená data

Data byla měřena každý den po dobu 24 hodin po dobu jednoho týdne. Měřena byla aktuální spotřeba proudu v A a celková spotřeba v kWh. Z neelektrických veličin byla měřena teplota, koncentrace CO₂ a absolutní vlhkost.

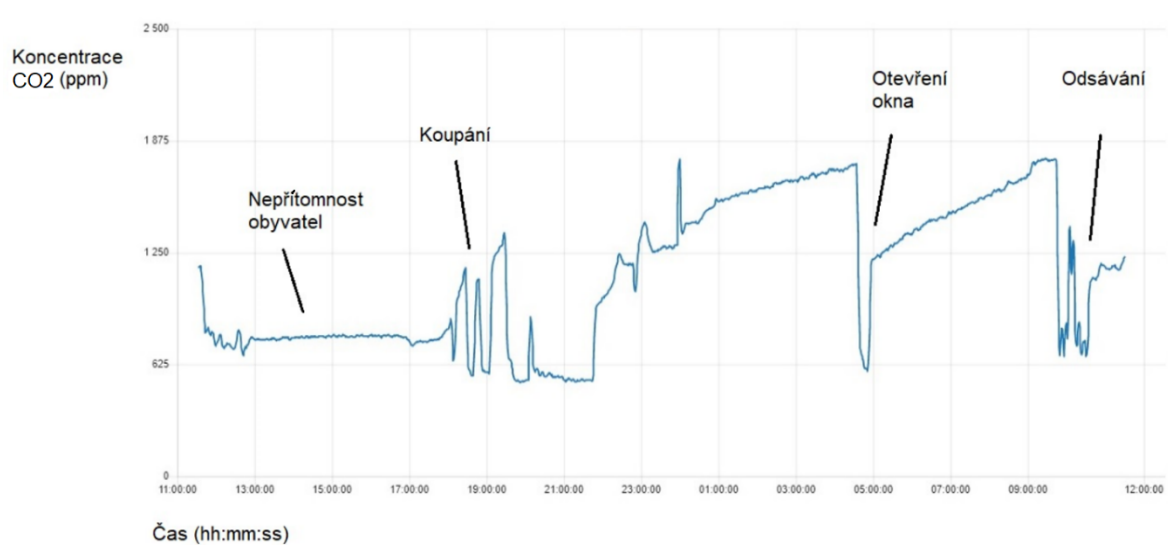
V prvním dni měření se regulovalo jen odsávání na základě hodnoty vlhkosti v místnosti.



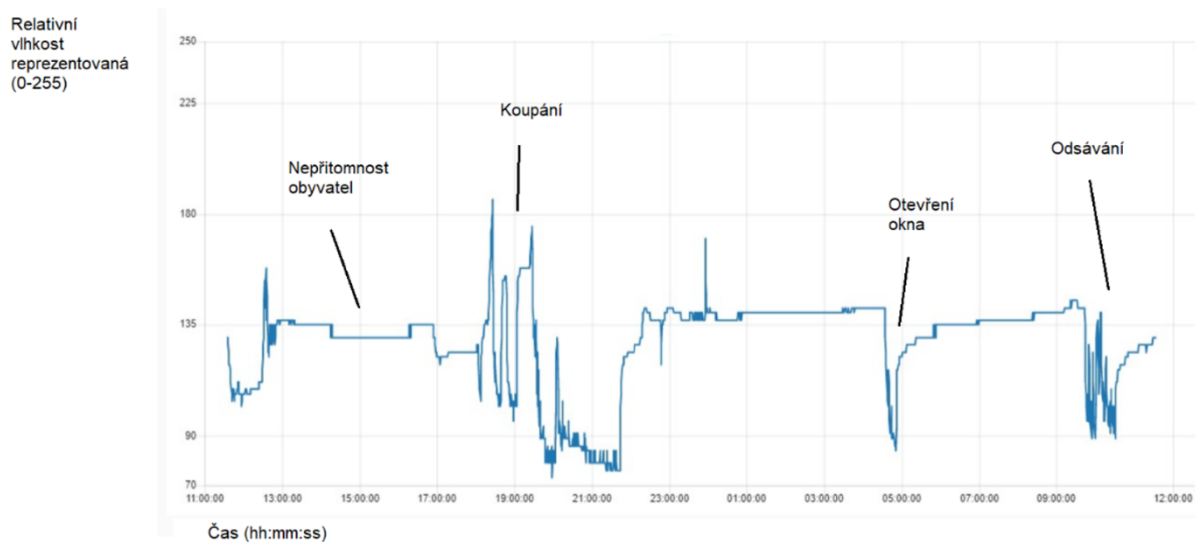
Obrázek 1.28: Měřená aktuální spotřeba proudů za jeden den



Obrázek 1.29: Měření teploty za jeden den

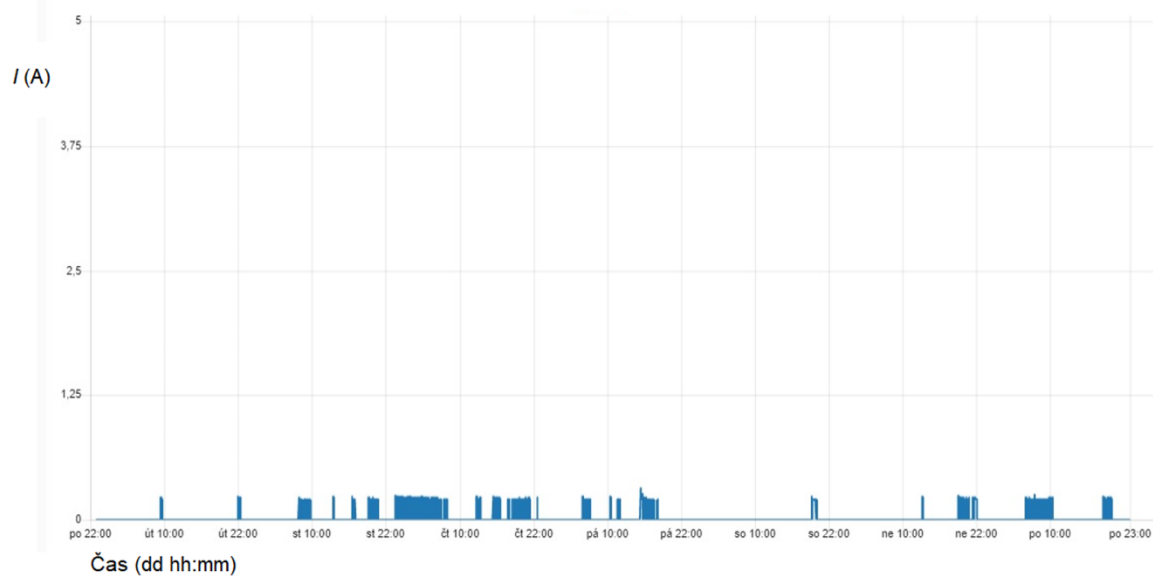


Obrázek 1.30: Měření CO₂ za jeden den

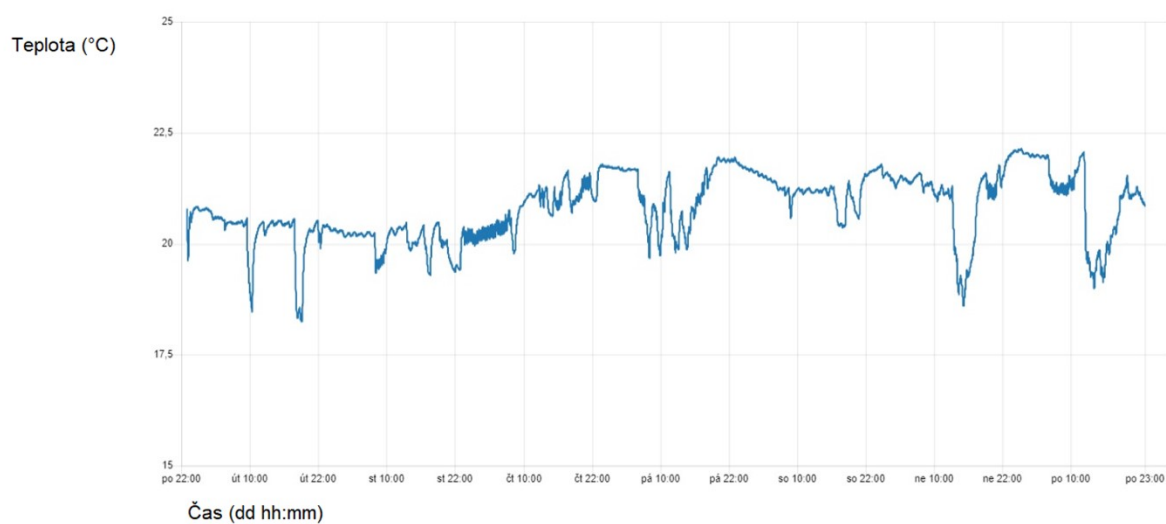


Obrázek 1.31: Měření vlhkosti za jeden den

Naměřená data

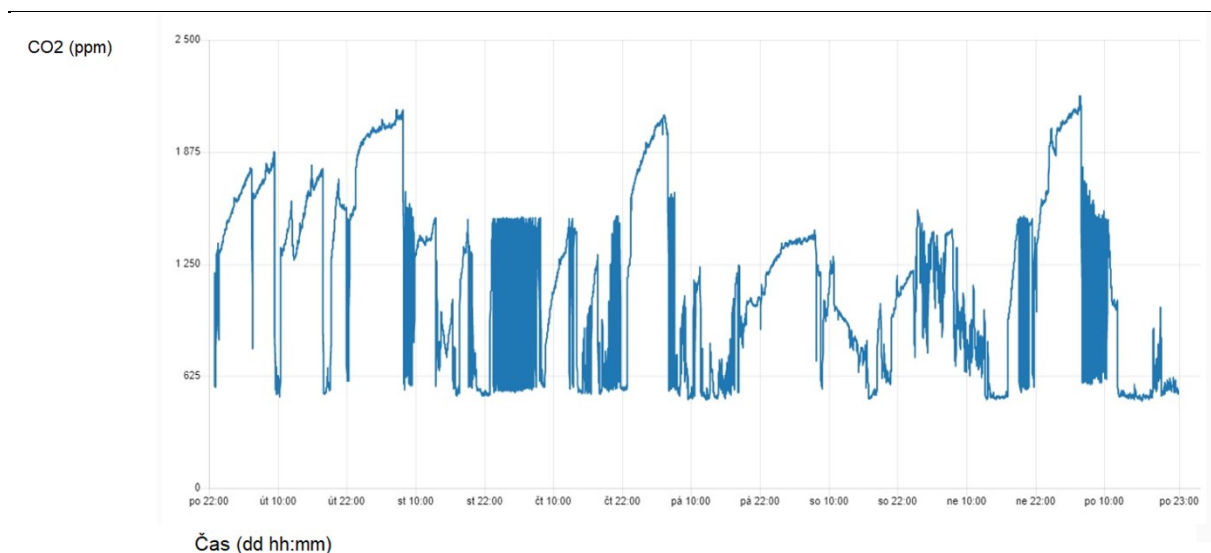


Obrázek 1.32: *Měření aktuální spotřeby proudu (A) za jeden týden*

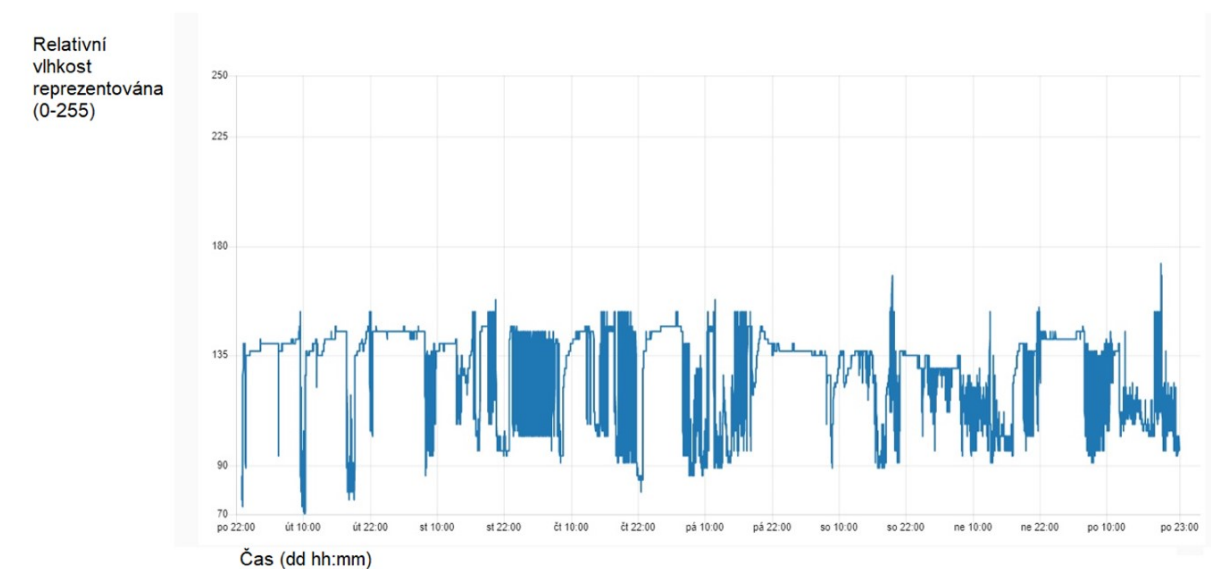


Obrázek 1.33: *Měření teploty (°C) za jeden týden*

Naměřená data

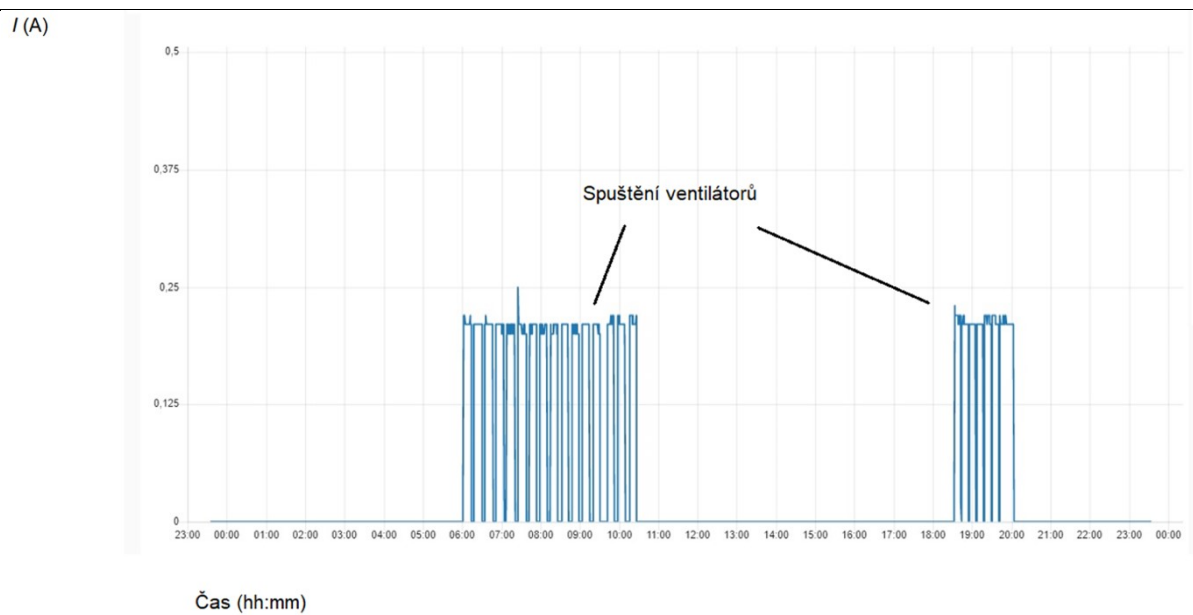


Obrázek 1.34: Měření Co2 (ppm) za 1 týden

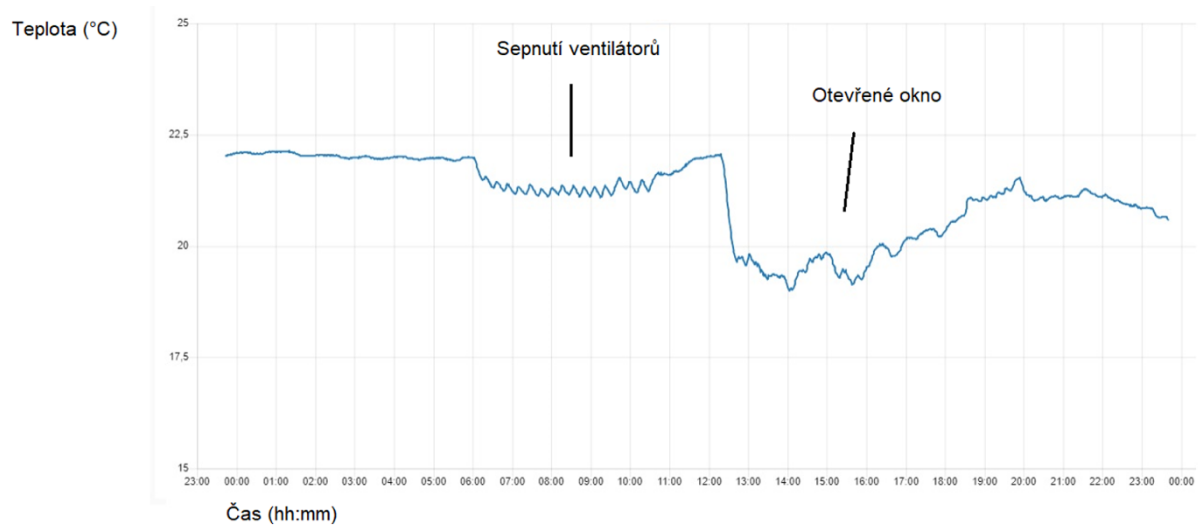


Obrázek 1.35: Měření relativní vlhkosti reprezentována v bytové hodnotě (0-255) za jeden týden

Naměřená data

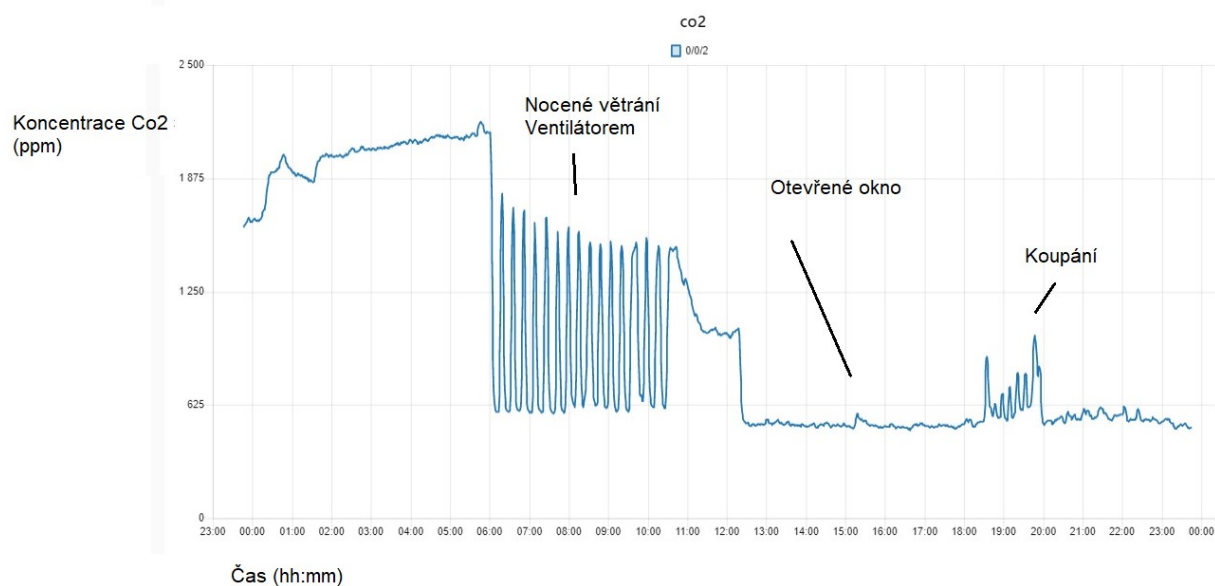


Obrázek 1.36: *Poslední den měření spotřeby v A*

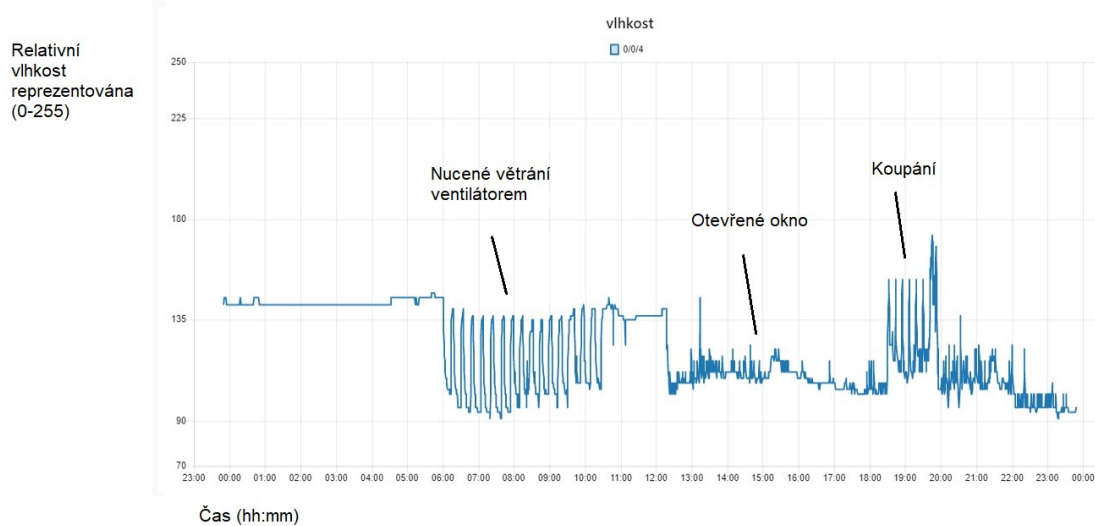


Obrázek 1.37: *Poslední den měření teploty v °C*

Naměřená data



Obrázek 1.38: Poslední den měření CO2 v ppm



Obrázek 1.39: Poslední den měření vlhkosti

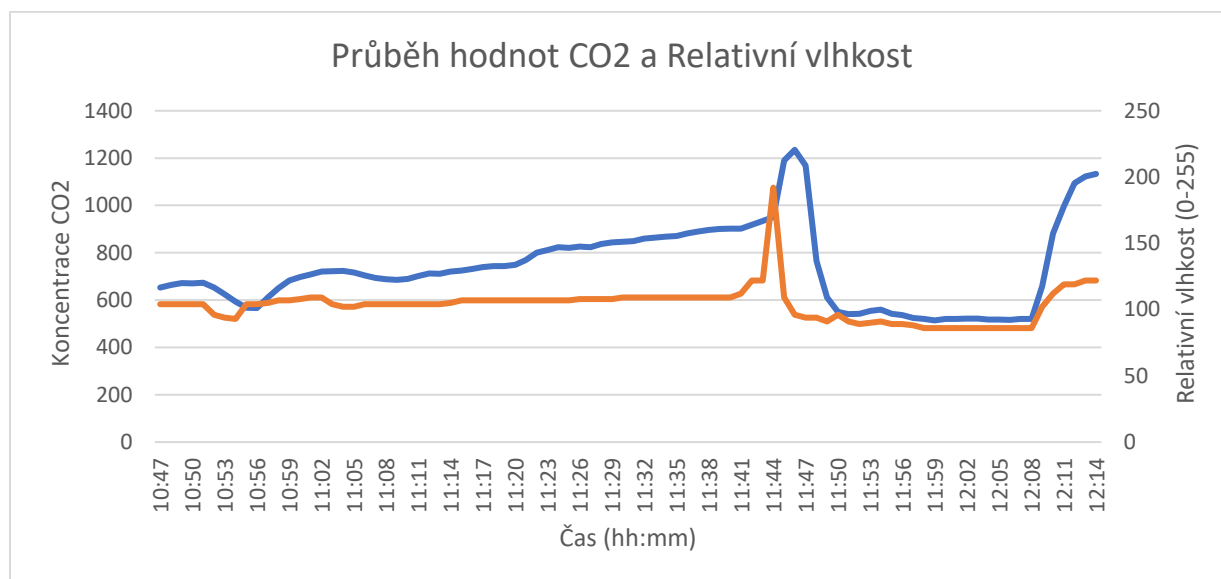
Spotřeba (kW) **11.119999885559082**

Spotřeba (kWh) **11.960000038146973**

Obrázek 1.40: Vlevo celková spotřeba na začátku měření, vpravo celková spotřeba na konci měření

13.1 Podobnost průběhu Co2 a Vlhkosti

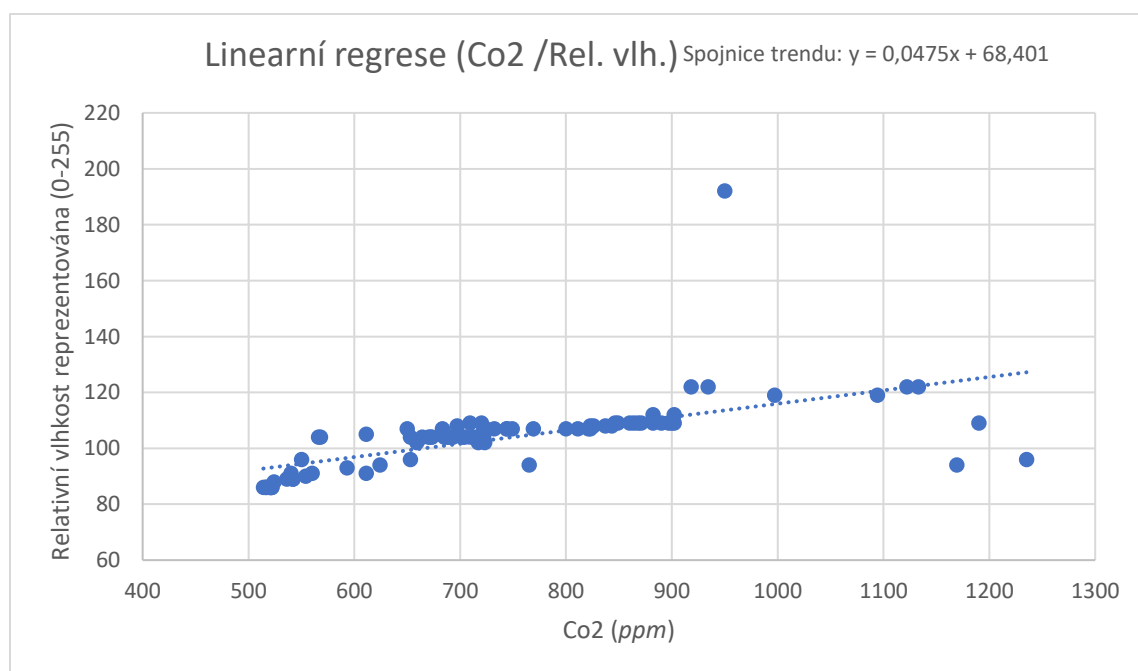
Ovlivnění regulace Znáznornění při hodinovém měření



Obrázek 1.41: *Hodinové měření průběhu vlhkosti a CO2*

V době měření této práce byla vypořovávána následující fakta:

Čidlo CO2 vykazuje podobný průběh měření jako čidlo vlhkosti. Při sepnutí odsávacích motorů čidlo reaguje v obou měřených veličinách podobně. Tento fakt může být zapříčiněn tím, že v době, kdy je v místnosti využíván sprchovací kout nebo vana, je v místnosti přítomna i osoba. Z toho důvodu koncentrace CO2 roste. Toto zjištění je zásadní v tom, že stačí implementace čidla vlhkosti a není nutné implementovat čidlo CO2. Tento poznatek sníží pořizovací náklady na instalaci chytré domácnosti, jelikož čidla CO2 jsou výrazně dražší než čidla vlhkosti a teploty.



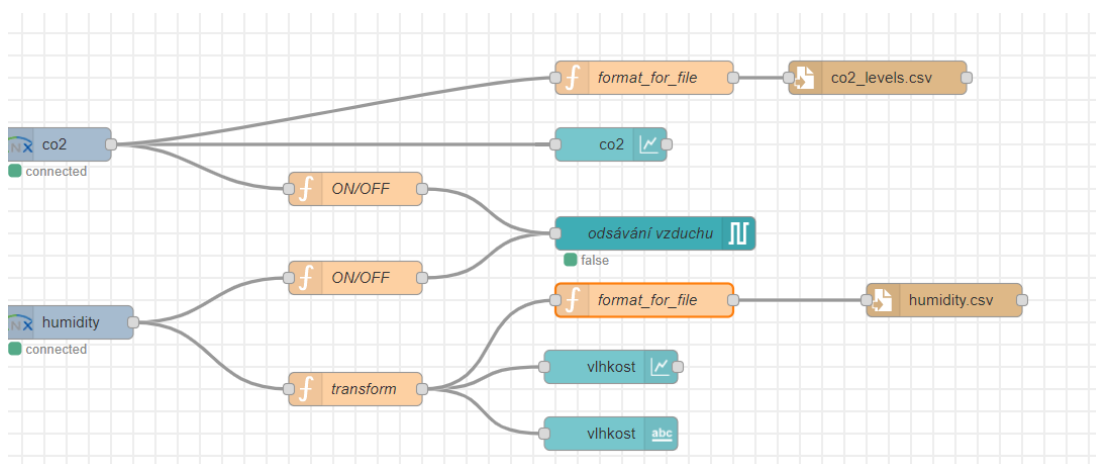
Obrázek 1.42: *Graf lineární regrese*

Všechna data byla zpracována v prostředí MS Excel a při výpočtu korelační závislosti vyšel koeficient: $r^2 = 0.61$. Míru závislosti ale mění to, že vlhkost oproti CO₂ reaguje na změnu rychleji než CO₂. Tím pádem zmenšuje lineární regresy. Jde o odlehlý bod v grafu na obrázku 1.44. Po jeho odstranění byl koeficient $r^2 = 0.73$. CO₂ bude mít větší časovou prodlevu při měření než vlhkost, ale z hlediska podobnosti křivek, které jsou na obrázku 1.43, je průběh podobný.

14 Možnosti měření dat a zpráva za pomoci třetí strany

14.1 Měření dat a exportování do prostředí MS excel

V rámci této práce není využití dashboardu pro zpracovávání dat moc vhodný nástroj, protože se bude stávat, že data bude zapotřebí používat i v jiných zařízeních na analýzu a zpracovávání dat. Je třeba tedy uvážit i možnosti, jak data ukládat a zpracovávat. Řešení této problematiky je několik. Prvním z nich je řešení funkce, která bude vytvářet soubor. Tento soubor se po zadání IP adresy/názvu souboru posléze stáhne do počítače a po přejmenování s příponou .csv bude soubor po rozkliknutí otevřen v programu MS excel. Tam je vytvořen sloupec s datem a sloupec s naměřenou hodnotou. Tento postup získávání dat byl realizován pro relativní vlhkost a koncentraci CO₂. Soubory jsou na adresách <http://46.174.56.7:1880/humidity> a <http://46.174.56.7:1880/co2>.



Obrázek 1.43: Zapojení nodů pro měření a export dat do prostředí MS excel

```

1 msg.payload = `${new Date().toISOString()}`;`${msg.payload.toFixed(3)}`
2
3 return msg;
4

```

Obrázek 1.44: Použitý algoritmus pro třídění dat do sloupců

14.2 Využití třetích stran

V případě, že by bylo vhodné využít třetí strany, ať už za pomoci některých cloudových služeb nebo zařízení, které zaznamenávají data, tak je možné v prostředí Node-RED použít jeden z několika komunikačních protokolů. Nejrozšířenější je protokol MQTT. NR má přímo uzel, který může data v prostředí NR posílat do jiných služeb za pomoci protokolu MQTT. Obdobně jako u protokolu MQTT lze používat http protokol.

15 Zhodnocení naměřených dat a systému

Mezi měřenými veličinami nebyla zahrnuta venkovní teplota. Nicméně v prvních dnech byla venkovní teplota v průměru kolem -8°C , což způsobovalo, že byl vzduch sušší a tím pádem odsávání vlhkého vzduchu nebylo tak časté. Další z poznatků měření bylo, že hodnota koncentrace CO_2 a množství vlhkosti v prostoru spolu souvisí v tom smyslu, že křivky mají obdobný průběh při odsávání. Takže stačilo vzduch pouze odsávat. Zároveň se při tom snižovala i koncentrace CO_2 . Což je zapříčiněno možnou vyšší propustností obvodových zdí. Odsávání je čtenější pro zajištění optimální koncentrace vlhkosti při koupání. Výjimka v měření byla jen poslední den, kdy bylo častější spouštění odsávání na základě koncentrace CO_2 . Z grafu aktuálního proudu bylo zjištěno, že aby byl prostor dobře větrán, musí se větrat 1/4 až 1/3 dne. Je třeba vzít v úvahu, že dva obyvatelé jsou v domě téměř neustále a že koncentrace CO_2 v prostoru začne kumulovat ve chvíli, kdy jsou v domě 3 osoby. Relativní vlhkost prostoru se zvyšuje při koupání. Při sprchování se vlhkost tolik nezvyšuje. Tento fakt je další parametr, který ovlivňuje, jak je prostor nutné větrat. Regulace kvůli hluku vypínala provoz ventilátoru mezi 22:30–6:00. Z toho důvodu koncentrace CO_2 v tyto hodiny rostla. Kdyby bylo možné ventilátor modulovat, byl by vstup pro ventilátor 0–10 V. To znamená, že by byl efekt ještě lepší. Jeho pořizovací cena by byla ale vyšší.

Systém, který byl v rámci této práce do objektu implementován, umožňuje plno variací. Jedním z hlavních výhod je velká variabilita regulace. Regulaci je možné naprogramovat podle libosti a není systém limitován možnostmi programu ETS a Soft Comfortu. Výhoda NR je v tom, že si uživatel plno bloků může napsat sám. Už v základu má mnohé komunikační protokoly a funkční bloky napsány, takže možností implementace je mnoho. Jako každý systém má i tento přístup svá omezení. První z nich je NR, který je napsán v javascriptu a to bude vyžadovat vyšší HW nároky než jiné systémy. Je třeba si uvědomit, že IoT aplikace bude lepší implementovat v místech, kde není zapotřebí tak časté posílání zpráv o stavu měřených hodnot. To je u měření teploty, vlhkosti a CO_2 splněno. Ale u měření jiných fyzikálních veličin, které jsou zapotřebí měřit častěji nebo potřebují mít okamžitou odezvu systémů, je implementace nevhodná. Velkým přínosem tohoto systému je měření a uchovávání dat regulovaných dějů. V tomto ohledu je využití NR ideální řešení.

Tento systém vyžaduje komplexnější znalosti ve více oblastech, jako je znalost TZB, sítí, komunikačních protokolů a úrovně zabezpečení systémů. Jelikož IoT aplikace otevírá porty v routeru, je větší potenciál kybernetického útoku a je nutné vytvořit postupy, jak zabezpečit router, HW na kterém běží NR a samotný NR.

Výhodnost systému je i v tom, že tato aplikace je levnou variantou převodníků mezi různými systémy. Další nesporná výhoda je, že se může implementovat vícero různých systémů a kombinovat jejich výhody. Tím lze vytvořit hybridní systém regulace.

Oproti KNX zajišťuje tento systém větší modularitu a možnost práce s daty pro analýzu.

16 Závěr

K realizaci této práce bylo zapotřebí si osvojit mnoho znalostí a dovedností, jako je například tvorba rozvaděče pro MaR. K oživení systému bylo zapotřebí plno teoretických znalostí o tom, jak tyto systémy fungují a jaký komunikační protokol je použit nebo jakým způsobem komunikace probíhá.

V této práci byla zpracována řešerše problematiky IoT aplikací a řízení provozně technických stavů budov s ohledem na úsporu elektrické energie. Teorie je zaměřená na témata IoT, KNX, Smart Home a technologie používané v těchto odvětvích. V praktické části byla navržena aplikace pro řízení provozně technických funkcí. Aplikace slouží jako konektivita KNX s PLC, měření dat a regulace. To vše je v prostředí NR. Konektivita byla testována na jednoduché úloze, a to na vypínači. Senzor teploty, senzor vlhkosti a senzor CO₂ se implementoval pro měření dat a řízení odsávání vzduchu v koupelně. Bylo zajištěno měření dat v reálném čase. Za pomoci inteligentního elektroměru bylo realizováno měření spotřeby elektrického proudu systému. Celé řešení bylo ověřeno a naměřené výsledky znázorněny v čase, a to za jeden den a týden. Bylo zjištěno, že doba běhu ventilátorů je kratší za použití regulace než bez ní. To znamená, že byla nalezena možnost úspory elektrické energie.

Každý bod byl zdokumentován a podrobnější programování je rozebráno v přílohách. Měření teploty, vlhkosti, CO₂ a odběr elektrické energie akčních členů nám umožňuje hodnotit efektivnost systému. Posléze nám umožní vytvoření modelů, které budou úspornější na spotřebu elektrické energie. V této práci byly nalezeny možnosti úspory elektrické energie, a to v době, kdy obyvatelé nejsou doma, takže ventilátor nemusí být v provozu. V době, kdy je otevřené okno, ventilátor opět nemusí být v provozu. Zvýšenost větrání je zapotřebí pouze v případě, kdy se v objektu nachází více než dva lidé. Tato práce bude podkladem pro navazující práci v oblasti kompletního řešení HVAC aplikace řízení klimatizační jednotky od firmy Samsung pomocí Modbus RS485 protokolu.

Shrnutí oblasti implementace IoT aplikace v konceptu Smart Home je takové, že tato složka přináší řadu výhod i nevýhod. Faktem zůstává, že tento směr po doladění některých detailů, bude mít obrovské uplatnění při měření a zpracování dat následně použitých v regulaci pro domy a budovy. IoT je odpověď na aplikace, které operují s naměřenými daty a využívání těchto dat pro hlubší pochopení procesů, které se v budově dějí. Implementace těchto zařízení otevírají možnosti pro strojové učení a aplikace umělé inteligence do budov.

Literatura

- [1] ANTHI, E., L. WILLIAMS, M. SLOWINSKA, G. THEODORAKOPOULOS, et al. A Supervised Intrusion Detection System for Smart Home IoT Devices. *Ieee Internet of Things Journal*, Oct 2019, 6(5), 9042-9053.
- [2] BANNO, R., J. Y. SUN, S. TAKEUCHI AND K. SHUDO Interworking Layer of Distributed MQTT Brokers. *Ieice Transactions on Information and Systems*, Dec 2019, E102D(12), 2281-2294.
- [3] TOM, R. J., S. SANKARANARAYANAN AND J. RODRIGUES Smart Energy Management and Demand Reduction by Consumers and Utilities in an IoT-Fog-Based Power Distribution System. *Ieee Internet of Things Journal*, Oct 2019, 6(5), 7386-7394.
- [4] ASENSIO, J. A., J. CRIADO, N. PADILLA AND L. IRIBARNE Emulating home automation installations through component-based web technology. *Future Generation Computer Systems-the International Journal of Escience*, Apr 2019, 93, 777-791.
- [5] CAO, K., G. XU, J. L. ZHOU, T. Q. WEI, et al. QoS-Adaptive Approximate Real-Time Computation for Mobility-Aware IoT Lifetime Optimization. *Ieee Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*, Oct 2019, 38(10), 1799-1810.
- [6] DORRI, A., S. S. KANHERE, R. JURDAK AND P. GAURAVARAM LSB: A Lightweight Scalable Blockchain for IoT security and anonymity. *Journal of Parallel and Distributed Computing*, Dec 2019, 134, 180-197.
- [7] ILIEVA, S., A. PENCHEV AND D. PETROVA-ANTONOVA Internet of Things Framework for Smart Home Building. *Digital Transformation and Global Society*, 2016, 674, 450-462.
- [8] KANAL, A. K. AND T. KOVACSHAZY IoT Solution for Assessing the Indoor Air Quality of Educational Facilities. *2019 20th International Carpathian Control Conference (Iccc)*, 2019, 752-756.
- [9] YOUSEFI, M., A. HAJIZADEH, M. N. SOLTANI AND B. HREDZAK Predictive Home Energy Management System With Photovoltaic Array, Heat Pump, and Plug-In Electric Vehicle. *Ieee Transactions on Industrial Informatics*, Jan 2021, 17(1), 430-440.
- [10] VAŇUŠ J. Řízení provozu budov. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava , 2012. CZ.1.07/2.2.00/15.0113.
- [11] VARGHESE, S. G., C. P. KURIAN, V. I. GEORGE AND IEEE. A study of Communication Protocols and Wireless Networking Systems for Lighting Control Application. In *4th International Conference on Renewable Energy Research and Applications (ICRERA)*. Palermo, ITALY, 2015, p. 1301-1306.

- [12] URREA, C. AND C. MORALES Enhancing Modbus-RTU Communications for Smart Metering in Building Energy Management Systems. Security and Communication Networks, Nov 2019, 2019, 8.
- [13] REM Industrial and Building Automation. rem technik.cz [Online] REM technik . [Citace: 18. 12 2020.] https://www.rem-technik.cz/ridici-systemy/?gclid=EAlaIqobChMI6c6vxpPW7QIVjUiRBROZqQ11EAAyAAEgJCzPD_BwE.
- [14] Loxone. Loxone.com [Online] . [Citace: 18. 12 2020.] <https://www.loxone.com/>.
- [15] CAMERON, C. AND K. LI Low-Cost, Extensible and Open Source Home Automation Framework. Intelligent Computing and Internet of Things, Pt II, 2018, 924, 408-418.
- [16] RS. rs-online.com [online]. [Citace: 18. 12 2020.] dostupné z https://cz.rs-online.com/web/p/logicke-moduly/1596329?cm_mmc=CZ-PLA-DS3A_-google_-PLA_CZ_CZ_Automatizace_A_%C5%98%C3%ADdic%C3%AD_Za%C5%99%C3%ADzen%C3%AD_-Plc_And_Hmi_A_Sb%C4%9Br_Dat%7CLogick%C3%A9_Moduly_-PRODUCT_GROUP&matchtype=&pla-510978982501&gclid=EAlaIqobChMI6c6vxpPW7QIVjUiRBROZqQ11EAAyAAEgJCzPD_BwE. [Online]
- [17] GU, F., J. W. NIU, L. D. JIANG, X. LIU, et al. Survey of the low power wide area network technologies. Journal of Network and Computer Applications, Jan 2020, 149, 13.
- [18] BIANCHI, V., M. BASSOLI, G. LOMBARDO, P. FORNACCIARI, et al. IoT Wearable Sensor and Deep Learning: An Integrated Approach for Personalized Human Activity Recognition in a Smart Home Environment. Ieee Internet of Things Journal, Oct 2019, 6(5), 8553-8562.
- [19] BENNETT, J., O. ROKAS AND L. M. CHEN Healthcare in the Smart Home: A Study of Past, Present and Future. Sustainability, May 2017, 9(5), 23.
- [20] SHAMSOSHOARA, A., A. KORENDA, F. AFGHAH AND S. ZEADALLY A survey on physical unclonable function (PUF)-based security solutions for Internet of Things. Computer Networks, Dec 2020, 183, 21.
- [21] tipa. tipa.eu [Online] [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z https://www.tipa.eu/cz/elektromer-1f-na-din-listu-s-mid-certifikatem/d-184146/?gclid=EAlaIqobChMIlo7BosmA7gIVhNxrCh2O0gvWEAQYAYABEgKP_fD_BwE
- [22] Schneider electric. se.com[Online] . [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://www.se.com/>
- [23] Unipi technology. www.unipi.technology/cs. [Online] . [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://www.unipi.technology/cs/unipi-neuron-s103-p93>

- [24] Unipi technology. www.unipi.technology/cs. [Online] .
[Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://www.unipi.technology/cs>.
- [25] Unipi technology. www.unipi.technology/cs. [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://www.unipi.technology/cs/jednofazovy-chytry-elektromer-pro1-mod-p39?categoryId=17>
- [26] Echelon. echeleon.com[Online] [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z https://www.echelon.com/assets/blt893a8b319e8ec8c7/078018301B_Intro_to_LonWorks_Rev_2.pdf
- [27] Zhender . zhender.cz [Online] [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://www.zehnder.cz/>
- [28] Vyvoj.hw.cz vyvoj.hv.cz [Online] [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://vyvoj.hw.cz/velky-prehled-cloudu-pro-iot.html>
- [29] RS. ts-online.cz [Online] [Citace: 18. 12 2020.]. dostupné z <https://cz.rs-online.com/web/p/brany-iot/1244038/>
- [30] IoT port [Online] [Citace: 18. 3 2020.]. dostupné z <https://www.iotport.cz/iot-novinky/ostatni-clanky-o-iot/co-to-je-iot>
- [31] ASENSIO, J. A., J. CRIADO, N. PADILLA AND L. IRIBARNE. Emulating home automation installations through component-based web technology. : Future Generation Computer Systems-the International Journal of Escience, Apr 2019. 93, 777-791.

17 Seznam příloh

Příloha A: Postup programování, Petriho síť úloh, schéma zapojení

Příloha B: Příloha v IS EDISON. zip soubor obsahující aplikacemi, video, zdrojové kódy

Součástí BP je zip soubor

A.1. Software a jeho instalace

Node-RED

Tento software je součástí Debainu, který je nahráván na Unipi GateG100. Stažení tohoto SW je k dispozici na stránkách <https://kb.unipi.technology/cs:hw:025-gate:image>. Software se nahraje na flash disk ve formátu FAT 32 a v servisním režimu se nahraje do Unipy Gate G100 pomocí USB konektoru.

SW na LOGO!

Software pro Siemens LOGO je licencovaný a je k dostání pouze na CD. Bohužel není zdarma a je třeba si jej zakoupit. Jeho cena se pohybuje okolo dvou tisíc korun.

Po vložení CD do mechaniky je zapotřebí si kromě LOGO! Soft Comfort nainstalovat i program Java Runtime Environment. Ten je už součástí instalace.

ETS5

K účelu této práce poslouží demo verze, která je jen pro pět zařízení. ETS5 je možné stáhnout na stránkách KNX.org. Po zaregistrování lze stáhnout libovolnou verzi. V případě, že není vsunut HW klíč do USB portu, tak software běží v demo verzi.

Putty

Software slouží k připojení na příkazový řádek k zařízení Unipi GateG100.

IP skener

Software slouží pro analýzu IP sítě. V této práci je využita funkce ověření, zda zvolená IP není obsazena.

A.2. Základní nastavení HW

Nastavení IP adresy

Jeden z prvních kroků je nastavení IP adresy všech zařízení, dále zjištění potřebných informací o síti, tedy IP adresa, subnet mask a default gateway. To se dá zjistit tak, že se připojí počítač na síť, kde budou implementována všechna zařízení, ať už pomocí síťové karty, tedy ethernetu, nebo pomocí Wi-Fi. Do příkazového řádku se zadá povel: ipconfig a CMD vypíše potřebné informace viz obrázek 2.1.

```
Příkazový řádek
C:\Users\Uživatel>ipconfig

Windows IP Configuration

Ethernet adapter Ethernet:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 
Wireless LAN adapter Připojení k místní síti* 2:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 
Wireless LAN adapter Připojení k místní síti* 4:

    Media State . . . . . : Media disconnected
    Connection-specific DNS Suffix  . : 
Wireless LAN adapter Wi-Fi:

    Connection-specific DNS Suffix  . : Trlica
    Link-local IPv6 Address . . . . . : fe80::9e1:f021:9f0c:d628%12
    IPv4 Address. . . . . : 192.168.1.140
    Subnet Mask . . . . . : 255.255.255.0
    Default Gateway . . . . . : 192.168.1.1

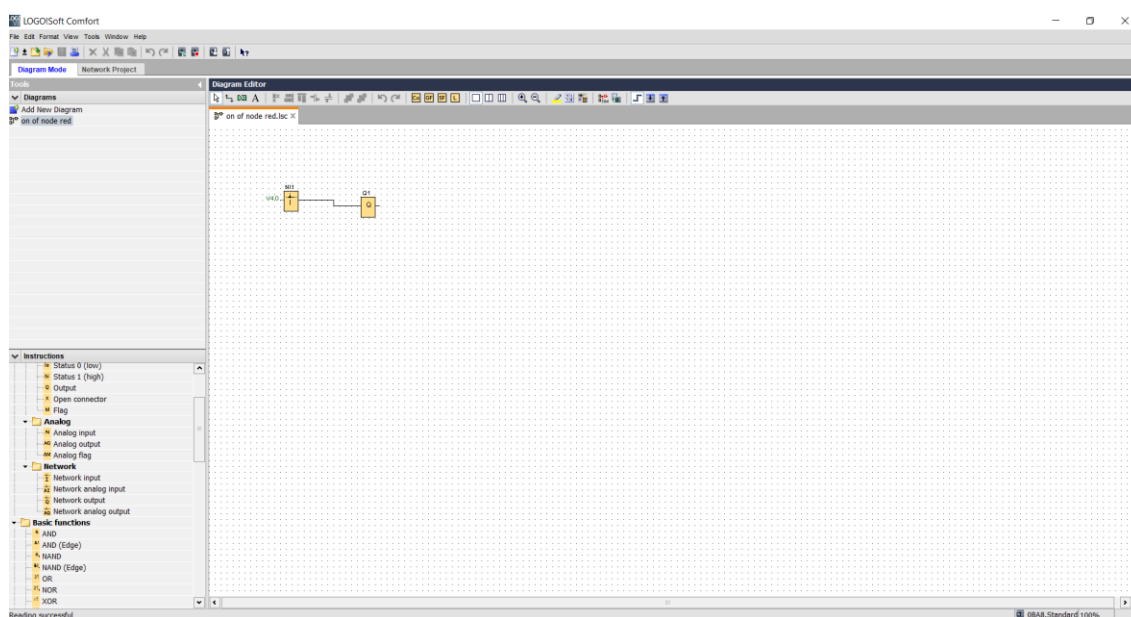
C:\Users\Uživatel>
```

Obrázek 1.45: Výpis informací o síti

Ze získaných informací o síti se pak nastavuje IP adresa, maska sítě a výchozí brána dalších zařízení. Pro ověření, že se nepoužije žádná obsazená adresa, se provede test pomocí skeneru IP adres. Dalším řešením je nastavení adres pomocí DHCP protokolu. Nicméně pevná adresa je výhodná v tom, že má přehled o zařízeních na síti. V případě, že je na síti jiné zařízení, než které je známé, existuje možnost, že jde o IP uživatele, který chce provést nekalou činnost na vaší síti. Další nastavování je pak odvislé od toho, že počítač, ze kterého se budou jednotlivé části programu programovat, je připojen k síti pomocí Wi-Fi. Tento postup nezahrnuje programování přes ethernetový kabel připojený přímo k jednotlivým zařízením.

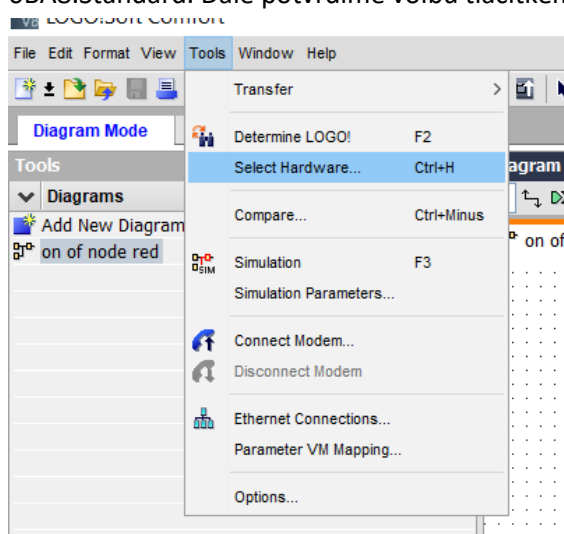
Siemens LOGO!

Před samotným programováním za pomoci software určeným pro Siemens LOGO! je zapotřebí manuálně nastavit IP adresu na PLC. To se provede pomocí cesty ESC – Network a nastavením potřebné IP adresy. V obrázku je prostředí Soft Comfort, které se programuje v prostředí Ladder nebo FBD (Functional block diagram). V této práci se bude programovat pomocí FBD. V horní části se nastavuje HW. V levém rohu je paleta funkčních bloků, které mají různé funkce. V prostřední části se propojují a nastavují jednotlivé bloky programu, tedy logika PLC LOGO!. Zde se vkládají bloky přetáhnutím z lišty bloku do diagramu. Bloky se navzájem propojují vodičem, který určuje tok dat mezi jednotlivými bloky.

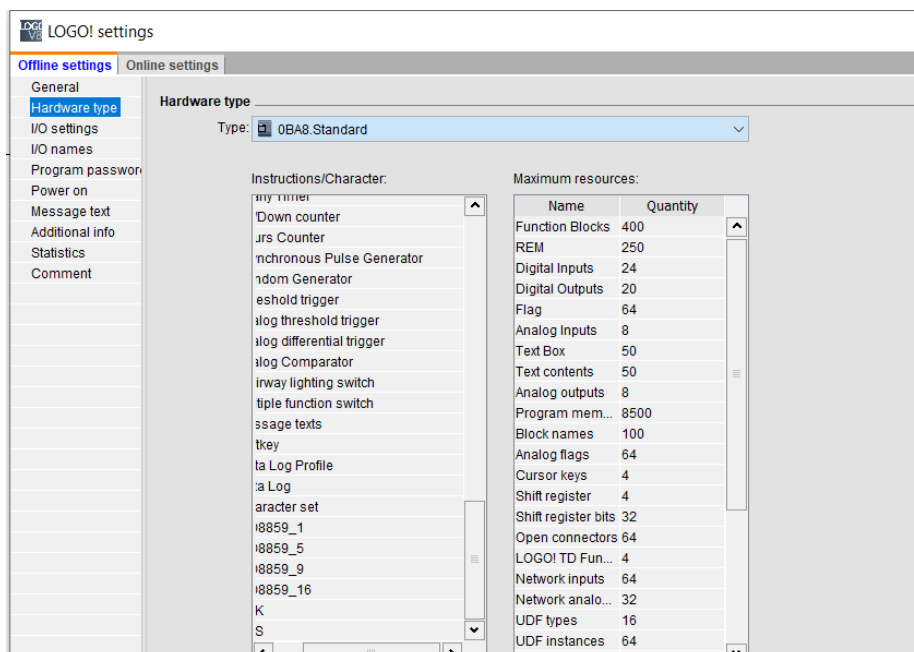


Obrázek 1.46: Vzhled vývojového prostředí Soft Comfort

Prvním krokem je zvolení příslušného HW v programu Soft Comfort. K tomu slouží záložka v horní liště s názvem Tools – Select Hardware. Mezi moduly se podle datasheetu vybere modul OBA8.Standard. Dále potvrdíme volbu tlačítkem Ok.

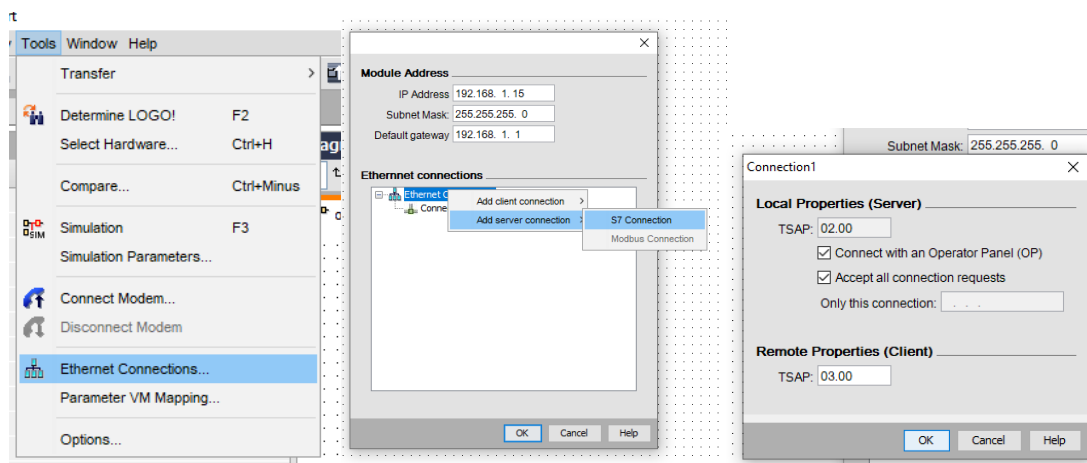


Obrázek 1.47: Cesta k nastavení HW



Obrázek 1.48: Výběr HW v programu Soft Comfort

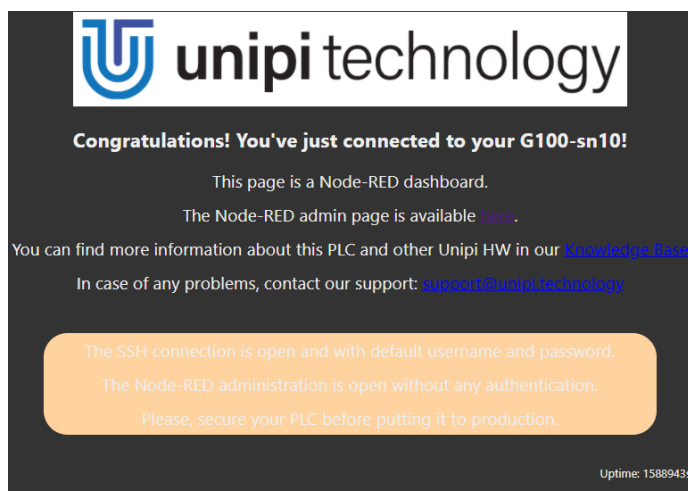
Pro Node-RED se nastaví IP adresa pro komunikační protokol S7 com. Úkon se provede cestou Tools – Ethernet connections. V kolonce Module Address se zadá IP adresa, jaká je na HW LOGO!. Levým tlačítkem myši se klikne na kolonku Ethernet Connection – Add server connection – S7 Connection. Dále se zaškrtně políčko Connect with an Operator Panel a Accept all connerction requests a nastaví se Local Properties u Server: TSAP 02.00 a Remote Properties Client TSAP 03.00. Celý průběh je znázorněn na obrázku 1.49.



Obrázek 1.49: Nastavení S7 com. Komunikace

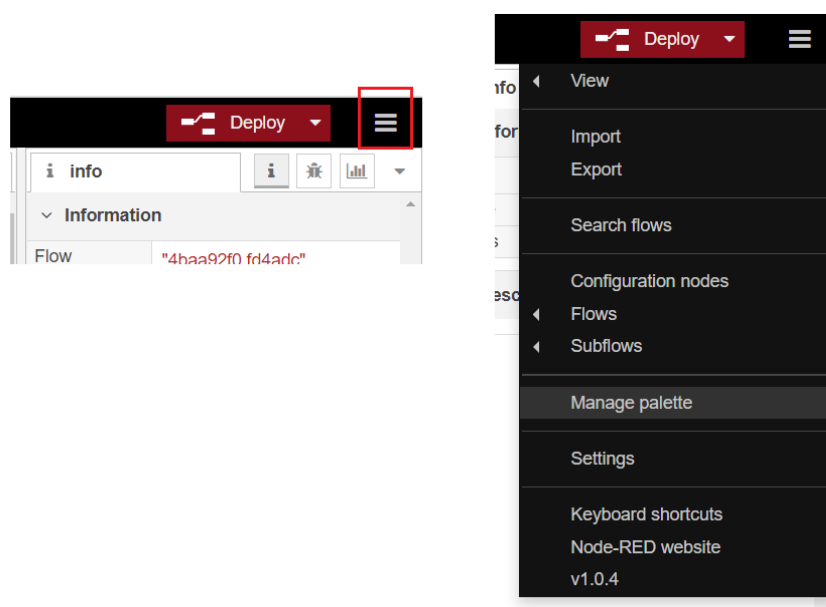
Node-RED

K připojení na Unipi Gate G100 existuje několik postupů. Nejjednodušší je, že se k zařízení lze připojit ze switche pomocí konektoru RJ45 a na stejné síti se do vyhledávače napíše výraz <http://g100-snxx>, kde xx je sériové číslo výrobku, které je na štítku. Po zadání se zobrazí úvodní stránka s odkazem, na kterém je vývojové prostředí NR.

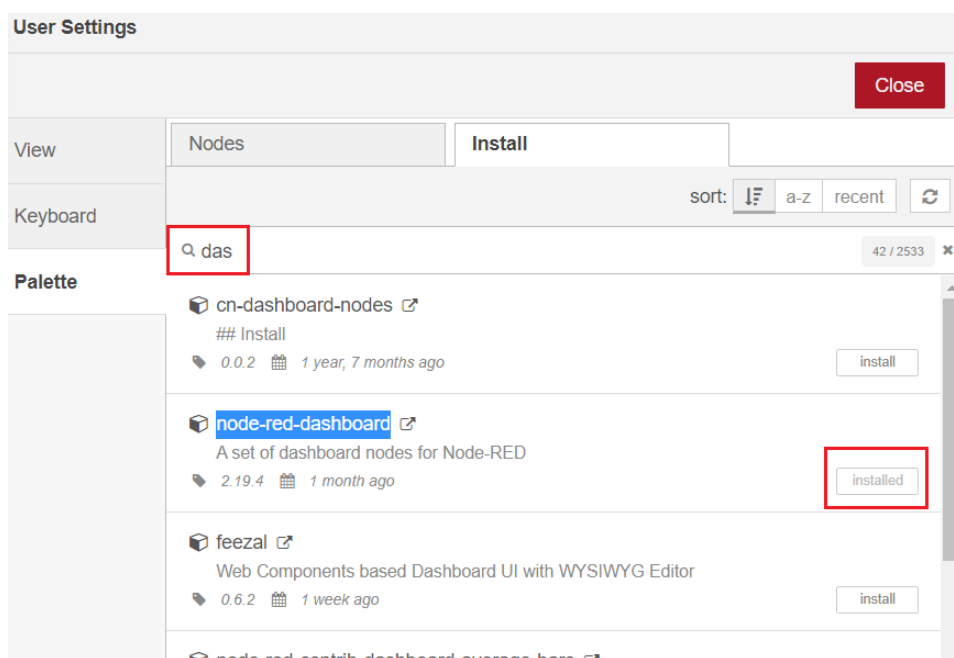


Obrázek 1.50: Stránka odkazující na vývojové prostředí

V základní sadě nainstalovaných bloků je jeden, který zpracovává zprávy pomocí Modbus protokolu. Základní instrukční sada neobsahuje uzly jako Dashboard, protokol S7com nebo KNX easy. Všechny tyto uzly se nainstalují v Manage palette po kliknutí na ikonku menu v pravém horním rohu viz obrázek 2.7. Za pomoci Manage palette v nově otevřeném oknu v záložce install se do vyhledávače zadají potřebné bloky pro instalaci pod názvem node-red-contrib-s7, node-red-dashboard a KNX easy. Instalace příslušných nodů se spustí za pomoci ikony install viz 2.8.



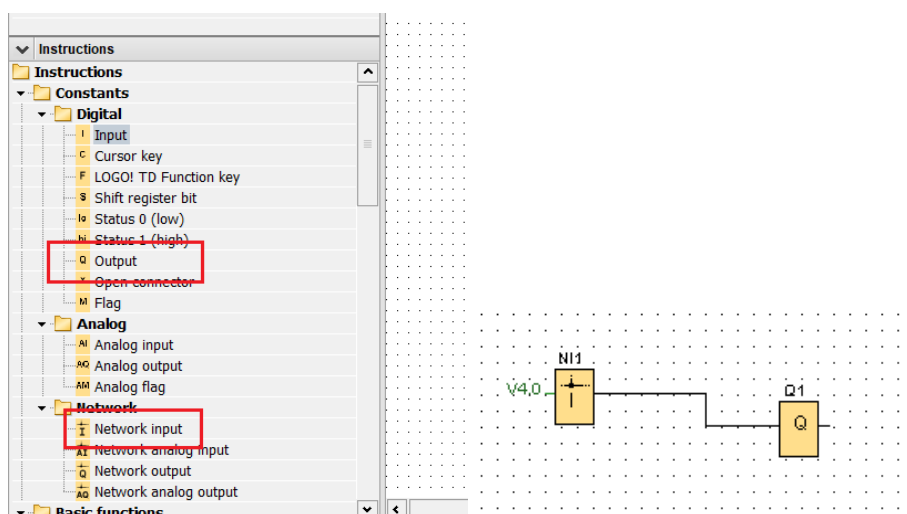
Obrázek 1.51: Cesta k instalaci dalších nodů



Obrázek 1.52: Vyhledávání a instalace nových nodů

V levé liště přibydou bloky pro práci. Bloky se přetáhnou podržením levého tlačítka myši do středového prostoru. Důležitou informací, kterou je nutné zmínit, je, že bloky pro S7 com. umí pracovat jen s datovým typem BOOLEAM (bylo vyzkoušeno jako input použít datový typ float jako analogovou hodnotu pro LOGO! a aplikace spadla a bylo nutné NR přeinstalovat a naprogramovat znovu). Pro tuto práci se použijí nody: KNX easy in, S7 com. out, Function, Modbus read, Dasboard text a graf. Veškerý popis bloků, nastavení i algoritmů je z důvodů rozsáhlejšího nastavování nahrán ve formě videa.

Další krok je vytvoření programu Soft Comfort pro spínání světla, kde v levém dolním rohu je workspace s názvem Instruction. Bude použit DB Network Input a výstup Q1 z HW LOGA!. Bloky se poté propojí vodičem. Dvojitým klikem je rozkliknut blok Network Input (NI1) a nastaví se hodnota proměnné, která je stejná jako v NR.



Obrázek 1.53: Workspace a propojení funkčních bloků

Parameter: _____

Read value from

☒ Local variable memory (VM)
☐ Remote device
☐ Diagnostic

Local variable memory (VM)

VB: Bit:

Obrázek 1.54: *Nastavení bloku NI1*

Nastavení KNX a ETS5

Po zaktualizování verze ETS se založí v ETS projekt. Vytvoří se topologií podle obrázků, kde medium páteřní linie je IP a medium hlavní linie je TP.

Přehled Sběrnice Katalogy Nastavení

Projekty Archivovat ETS Inside

☒ ☐ ☐

Založit Nový Projekt

Název
Projekt 1

Páteřní linie
IP

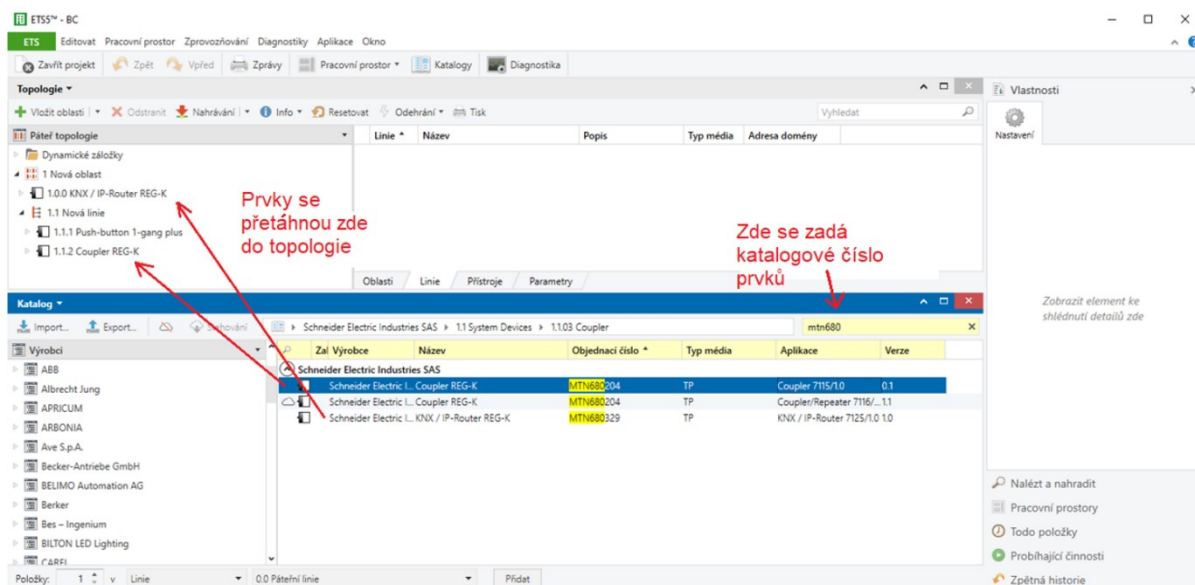
Topologie
☒ Vytvořit Linii 1.1
 TP

Styl skupinové adresy
☐ Volný
☐ Dvě Úrovně
☒ Tři Úrovně

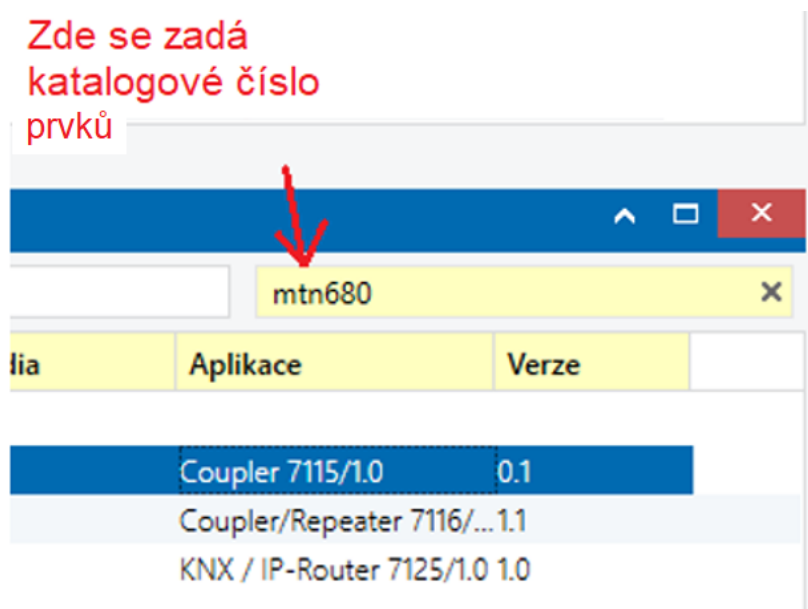
Založit Projekt Zrušit

Obrázek 1.55: *Vytvoření projektů*

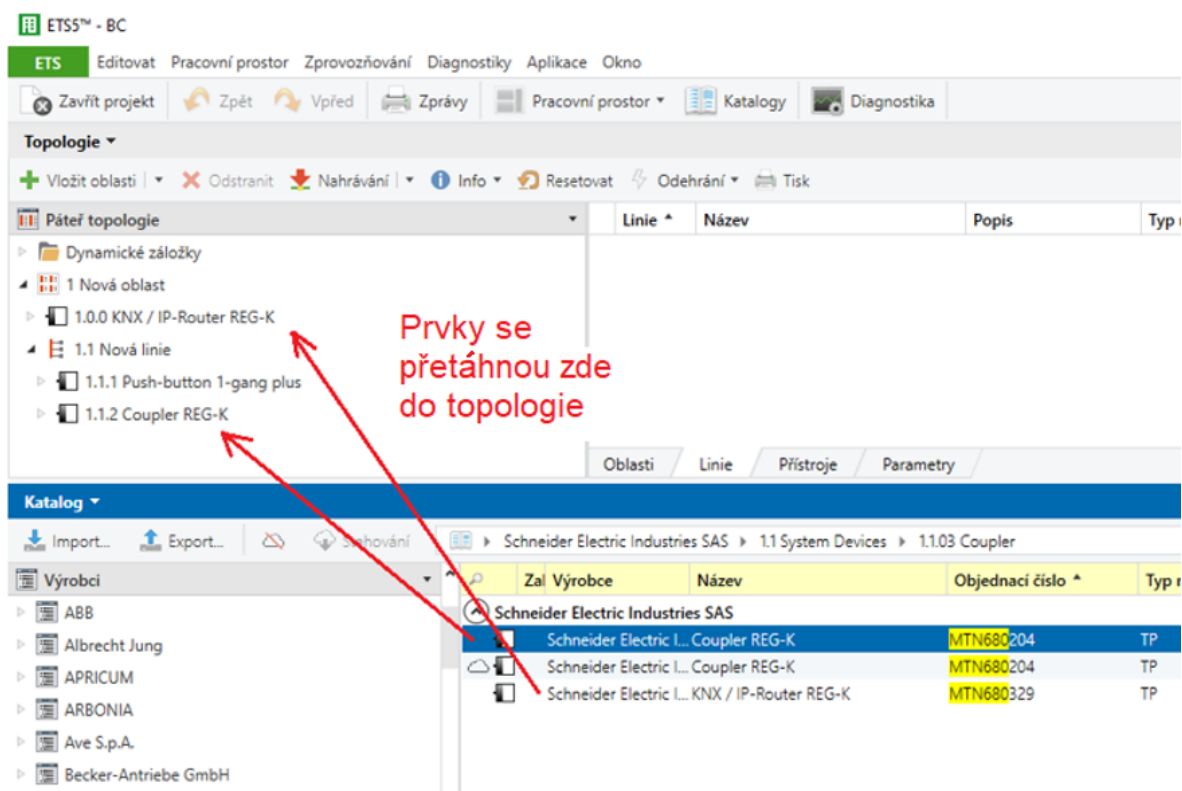
Pomocí workspace se „Katalog“ nahraje do ETS prvků, které budou použity. To se provede tak, že do vyhledávače se zadá katalogové číslo prvku a poté se požadované prvky přetáhnout do topologie našeho projektu.



Obrázek 1.56: Pracovní plochy pro vkládání sběrnice prvků do topologie

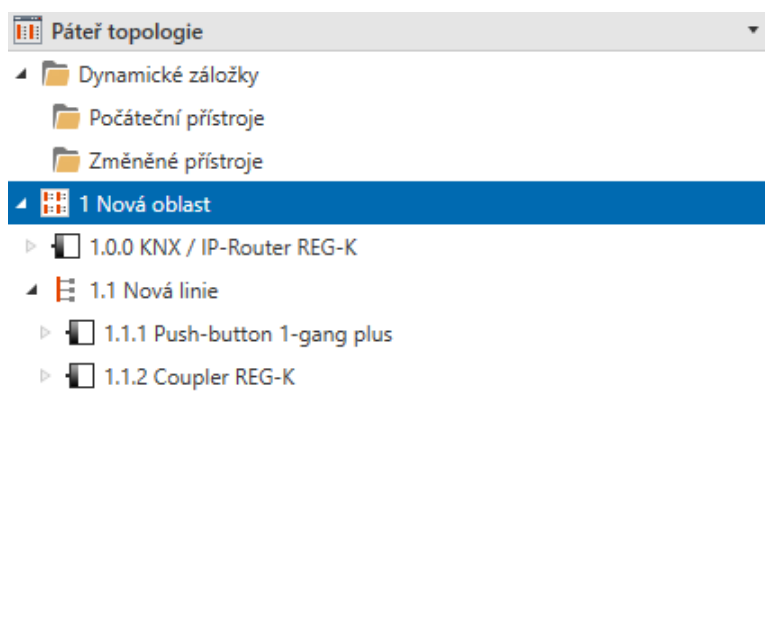


Obrázek 1.57: Detail vyhledávání sběrnice prvků pomocí katalogového čísla



Obrázek 1.58: Detail přetáhnutí prvku do topologie

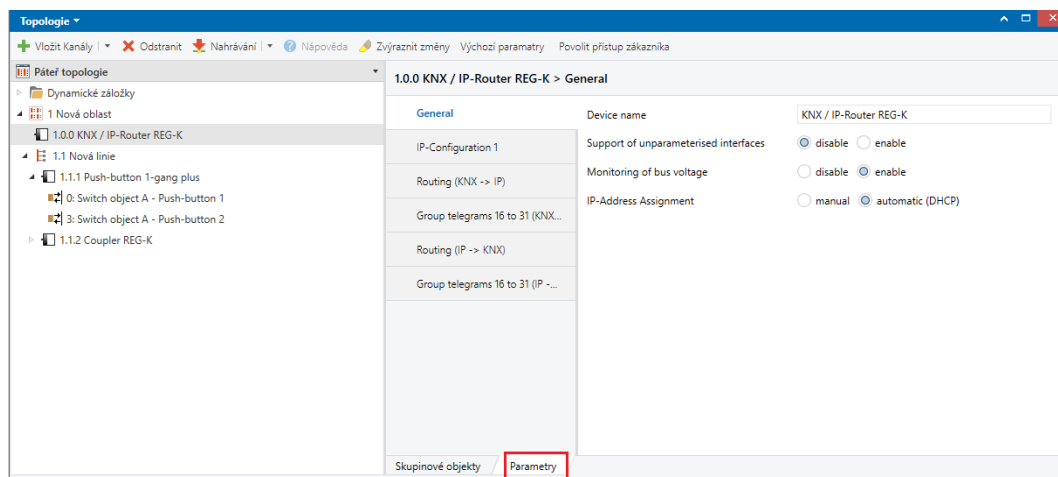
Je potřeba mít prvky podle topologie, které jsou na obrázku 2.15. V oblasti je pod adresou 1.0.0 IP – Router REG-K, v linii je pod adresou 1.1.2 Spojka Coupler REG-K a tlačítko Push-button 1-gang plus pod adresou 1.1.1.



Obrázek 1.59: Topologie pro úlohu spínání světla

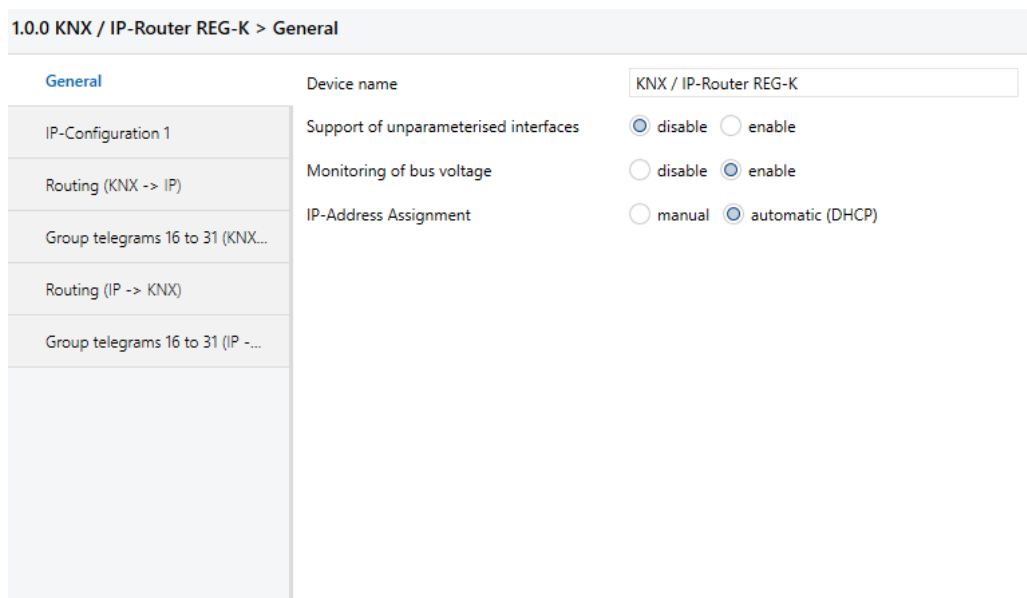
Dalším postupem bude konfigurace parametrů IP – Routeru a tlačítka.

Pro IP – Router se to dělá tak, že se rozklikne v topologii 1.0.0 KNX/IP – Router REG-K a ve vedlejším okně klikneme na parametry.



Obrázek 1.60: Zobrazení plochy s parametry

Zadáваме následující parametry:



Obrázek 1.61: Nastavení hlavních parametrů

1.0.0 KNX / IP-Router REG-K > IP-Configuration 1

General

IP Routing Multicast addresse

Byte 1

192

Byte 2

168

Byte 3

1

Byte 4

4

IP-Configuration 1

Routing (KNX -> IP)

Group telegrams 16 to 31 (KNX...

Routing (IP -> KNX)

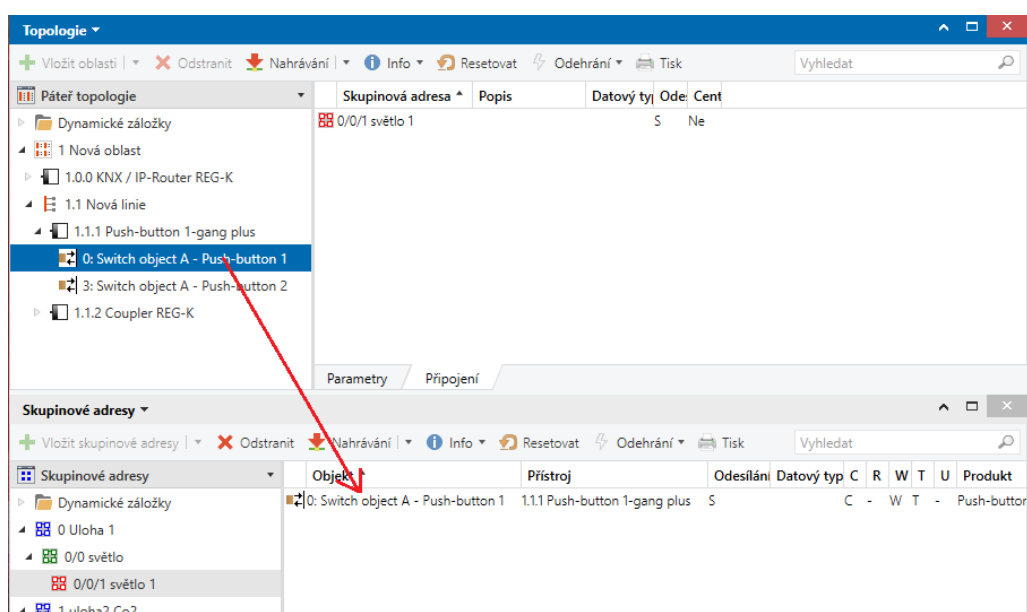
Group telegrams 16 to 31 (IP ~...

Obrázek 1.62: *Nastavení IP adresy*

V této práci bylo použito IP uživatelské rozhraní, a to KNX InSideControl IP-Gateway.

Toto uživatelské rozhraní bylo použito pro úlohy s čidly teploty, CO2 a vlhkosti, které byly implementovány v rodinném domě.

Aby tlačítko spínalo akční člen, musí se mu přiřadit skupinová adresa. Takže aby některý akční člen spínal vypínač, tak se mu musí dát vhodný výstup, aby byl přiřazen do stejné skupinové adresy. V této práci bude akční člen LOGO!, takže bude skupinová adresa s tlačítkem bez akčního členu a tato skupinová adresa bude použita pro uzel KNX easy. Postup je, že ve workspace pod názvem „skupinové adresy“ se vytvoří skupinová adresa pomocí cesty přidat „hlavní skupiny“, kterou lze pro potřeby této práce nazvat Úloha 1. Poté se přidají „střední skupiny“ pod názvem Světlo a pak se přidají vlastní skupiny pod názvem Světlo 1. Po rozkliknutí vlastní skupiny se přetáhne akce Switch object A – Push-button1 do vlastní adresy Světlo 1 viz obrázek 2.19.



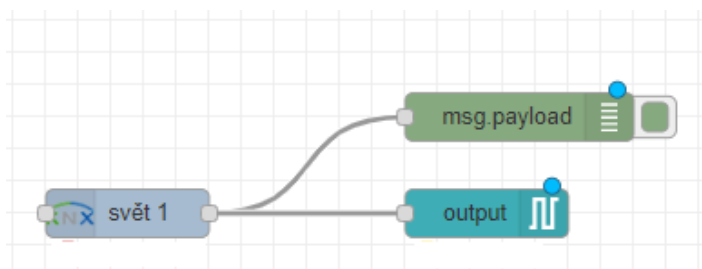
Obrázek 1.63: *Přetažení Switch object A – Push-button1 do vlastní adresy Světlo 1*

Poté se nahrají parametry do HW pomocí tlačítka „Nahrávání“ a při nahrávání se stisknou akční tlačítka jednotlivých prvků, které se vypíší v ETS, aby se jednotlivé prvky adresovaly.

Po nahrání se nakonfiguruje spojení, a to cestou ETS – sběrnice rozhraní a v konfigurovaných rozhraních je IP router VSB. Nastavení adresy je podle obrázku viz níže.

Obrázek 1.64: *Nastavení IP adresy interfacu*

V NR se použije blok KNX easy in pod názvem Svět 1 a zapojí se podle schématu 2.21.



Obrázek 1.65: *Zapojení KNX easy in s 7 out, v aplikaci NR*

Nastavení bloku KNX easy viz obrázek 2.22.

Properties

Gateway: 192.168.1.4:3671

Group Address: 0/0/1

Datapoint: 1.002 (DPT_Bool)

Name: svět 1

Which events do you want me to output ?

- ☒ GroupValue write
- ☐ GroupValue response
- ☐ GroupValue read

Other Options

- ☐ Read this value once on connection/reconnect

Obrázek 1.66: Nastavení parametrů v bloku KNX easy in.

Poté reléový výstup 1. LOGO! bude spínáno po stisknutí levého tlačítka na vypínači Push-button 1-gang plus.

A.3. Úloha 2,3,4

Úloha, kdy bylo cílem rozsvícení světla za pomoci reléového výstupu LOGO!, byla provedena v prostorách laboratoře. Úloha měla otestovat jednoduchou funkčnost systému. Dalším krokem je zprovoznění čidla MTN6005-0001. Jedná se o komplexní čidlo. Tato úloha byla provedena v rodinném domě, kde byl vytvořen podružný rozvaděč. Nastavení Node-RED a jeho popis je ve videu, které je přílohou této práce.

Program ETS 5

Nastavení je obdobné jako v předchozí úloze, jen se do vyhledávače zadá katalogové označení MTN6005-0001. Vyhledávač jich vyhledá několik a je nutné vybrat správnou verzi čidla. V případě že se vybere nesprávná verze, upozorní ETS na špatnou verzi použitého čidla. Po nahrání čidla do topologie se vyberou parametry temperature value, které budou jako skupinová adresa 0/0/3, další bude CO2 value, který bude jako skupinová adresa 0/0/2 a humidity value jako skupinová adresa 0/0/4. Poté se v NR u nodu KNX easy in přiřadí, stejně jako u světla, odpovídající skupinová adresa. Dále se jim přiřadí příslušné datové typy. Takže CO2 bude mít typ 9.008 (DPT_Value_AirQuality), teplota má 9.001 (DPT_Value_temp.). Jedinou výjimkou je humidity, jelikož není výstup z čidla pro humidity podporován. Pro datový tok se použije typ 5.010 (DPT_Value_Ucount.), kde je relativní hodnota reprezentovaná jako hodnota o velikosti byte v rozsahu (0-255). Tato hodnota jde i poupravit, pokud bychom ji chtěli mít v procentech. A to tak, že se vytvoří funkční blok, kde hodnotu vydělíme 255 a výsledek vynásobíme 100.

Soft Comfort

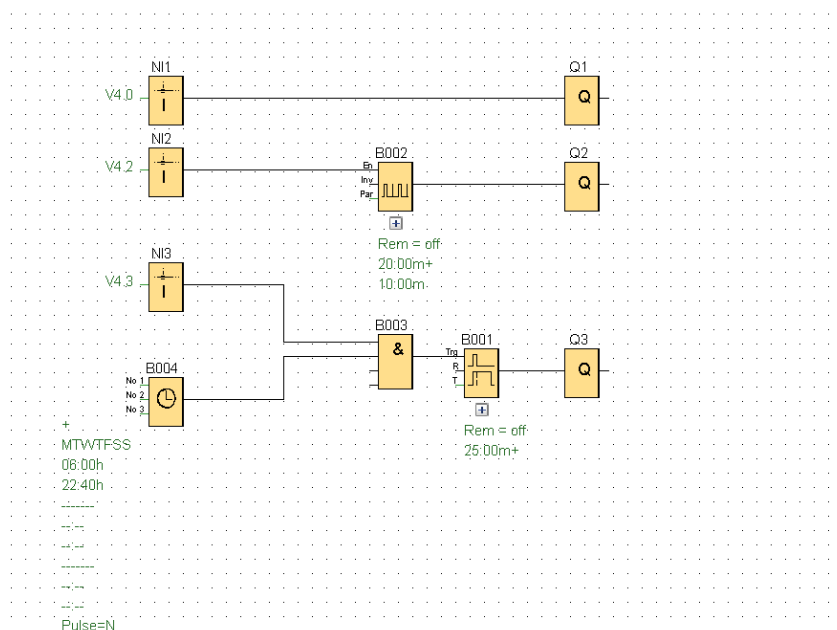
Analogově, stejně jako byly vytvořeny vstupy pro světlo, se vytvoří další vstupy NI2 a NI3, které budou sloužit pro sepnutí ventilátorů a radiátorů s tím, že jejich regulace se musí přizpůsobit několika faktům:

Za prvé, pokles koncentrace CO2 nebo vlhkosti v prostoru reaguje na odsávání okamžitě, takže by ventilátor hned vypnul, ale koncentrace CO2 by se hned zvedla a tím by mohlo dojít k příliš častému sepínání a vypínání ventilátorů. Proto se nastavilo časové zpoždění pro vypnutí ventilátorů.

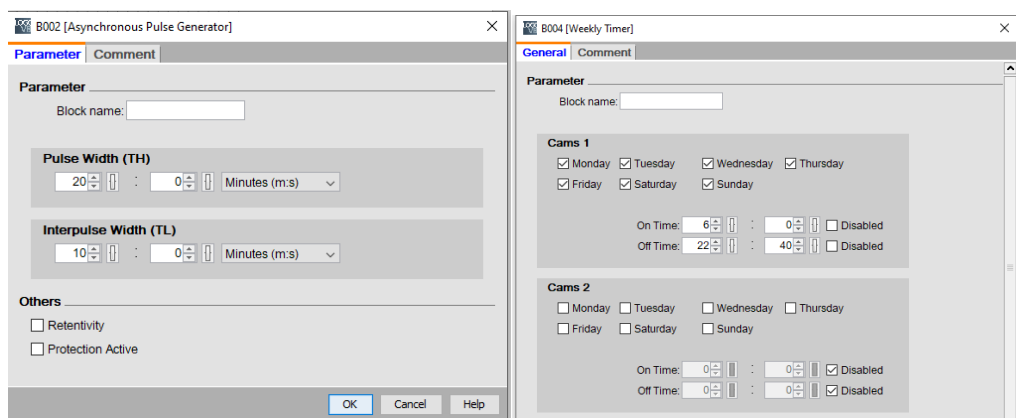
Za druhé, i když ventilátor má pouhých 27 dB hlučnosti, tak i přes to je při spaní rušícím elementem. Proto byla přidána druhá funkce, že se nastavilo vypnutí v čase mezi 22:30 a 6:00, kdy ventilátor nepojede.

Za třetí, patrona v žebříku, která slouží jako bivalence pro koupelnu, se příliš rychle přehřívala. Z toho důvodu se vytvořila funkce, která patronu zapne na 20 minut a poté ji na 10 min zase vypne.

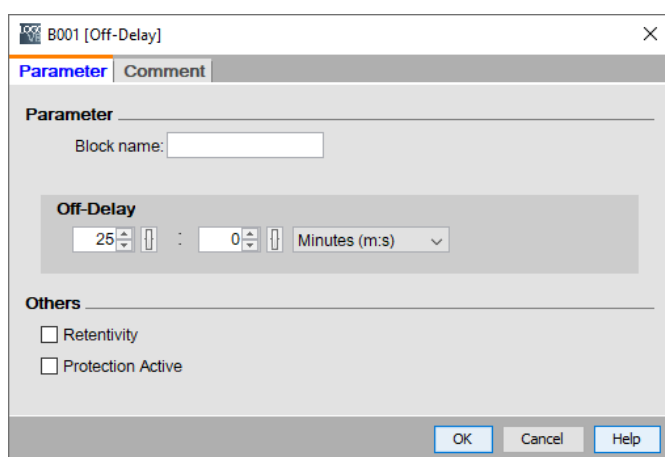
První a druhý fakt je podmínka pro jeden výstup. Spojení těchto podmínek pro jeden výstup zabezpečuje blok AND. Kompletní propojení funkčních bloků je na obrázku viz níže včetně jejich nastavení.



Obrázek 1.67: Obrázek 2.23: Propojení jednotlivých funkčních bloků

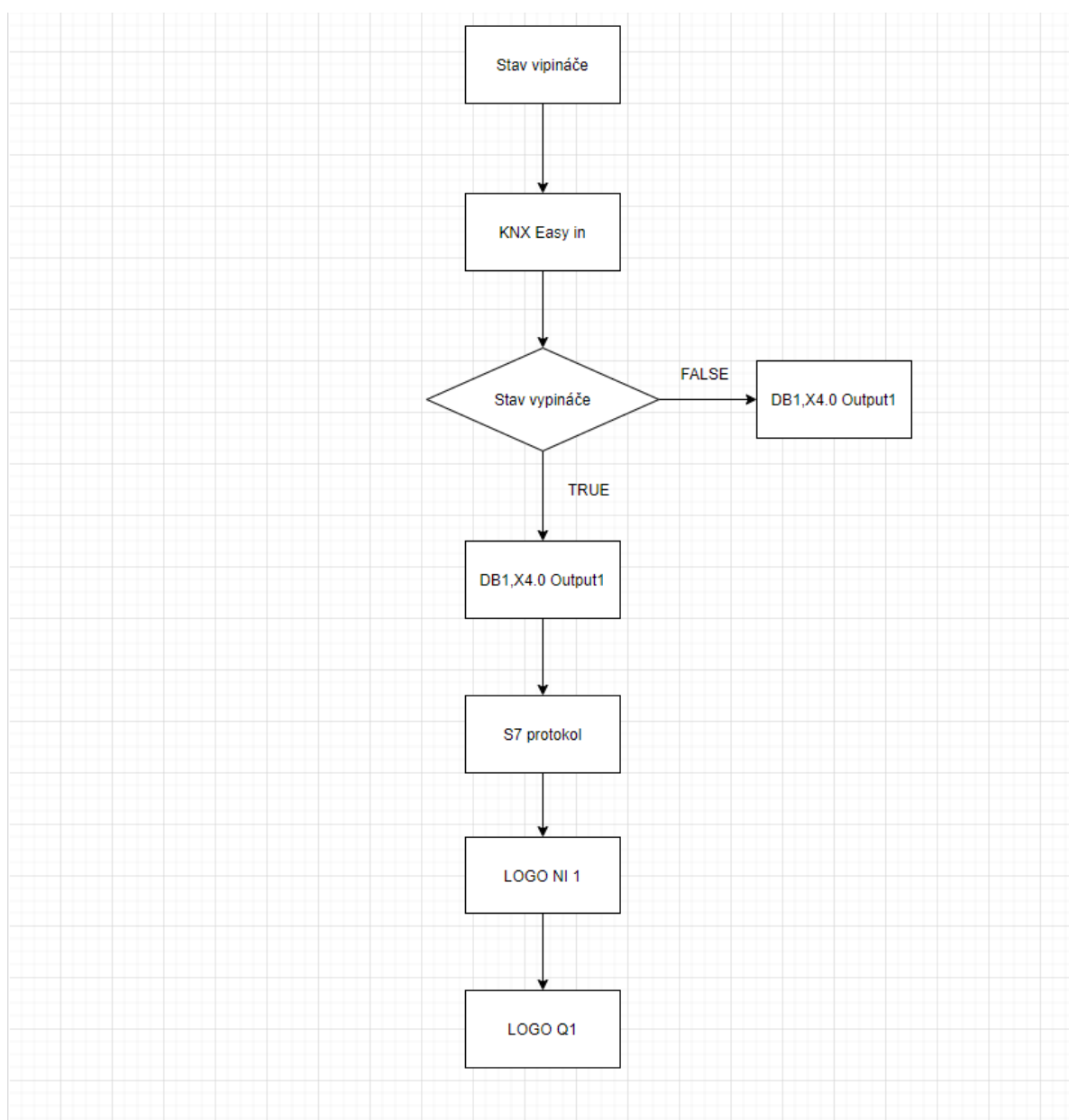


Obrázek 1.68: Obrázek 2.24: Nastavení bloku Pulse Generator a Weekly Timer

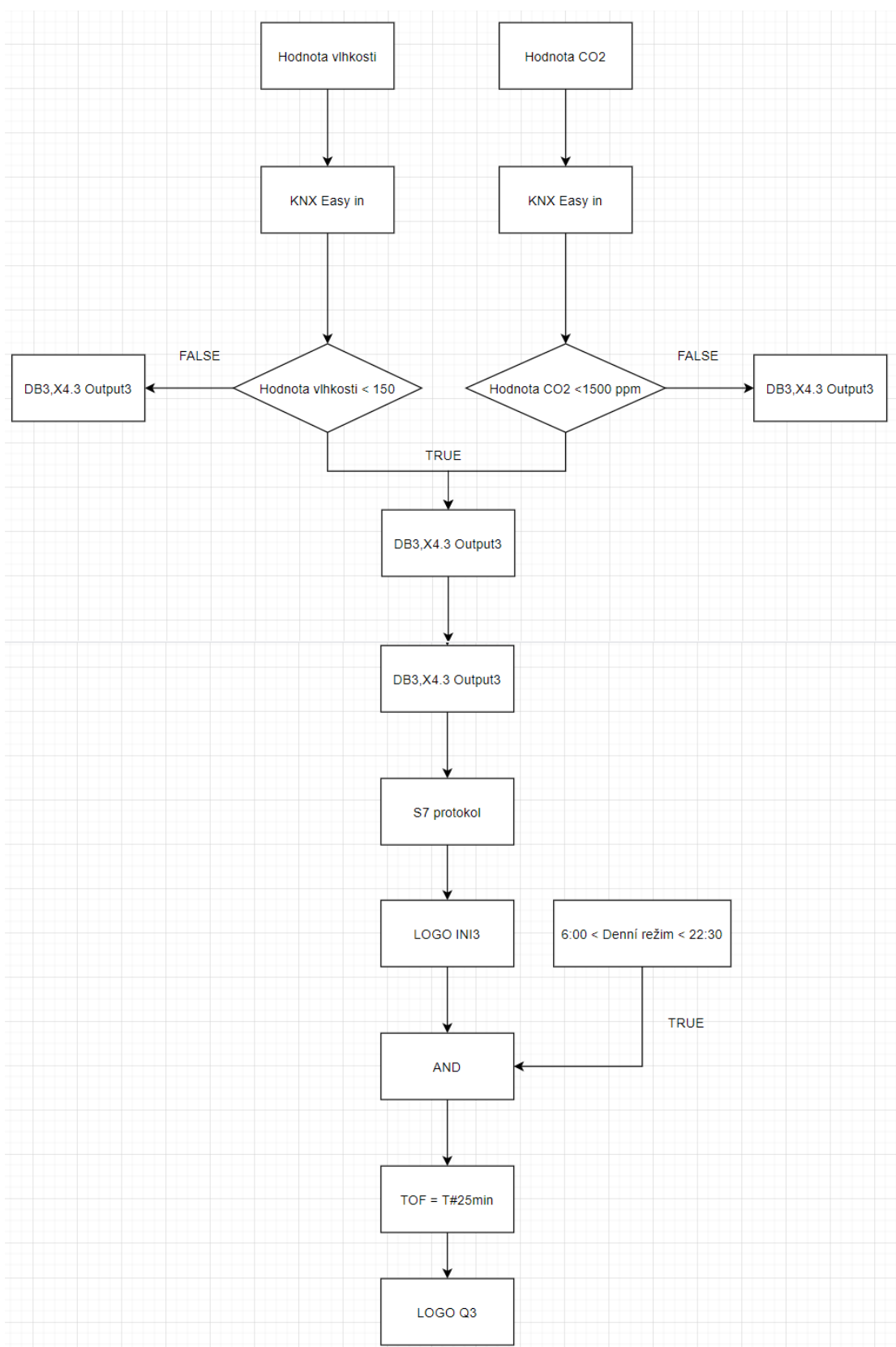


Obrázek 1.69: Obrázek 2.25: Nastavení tavení bloku Off Delay

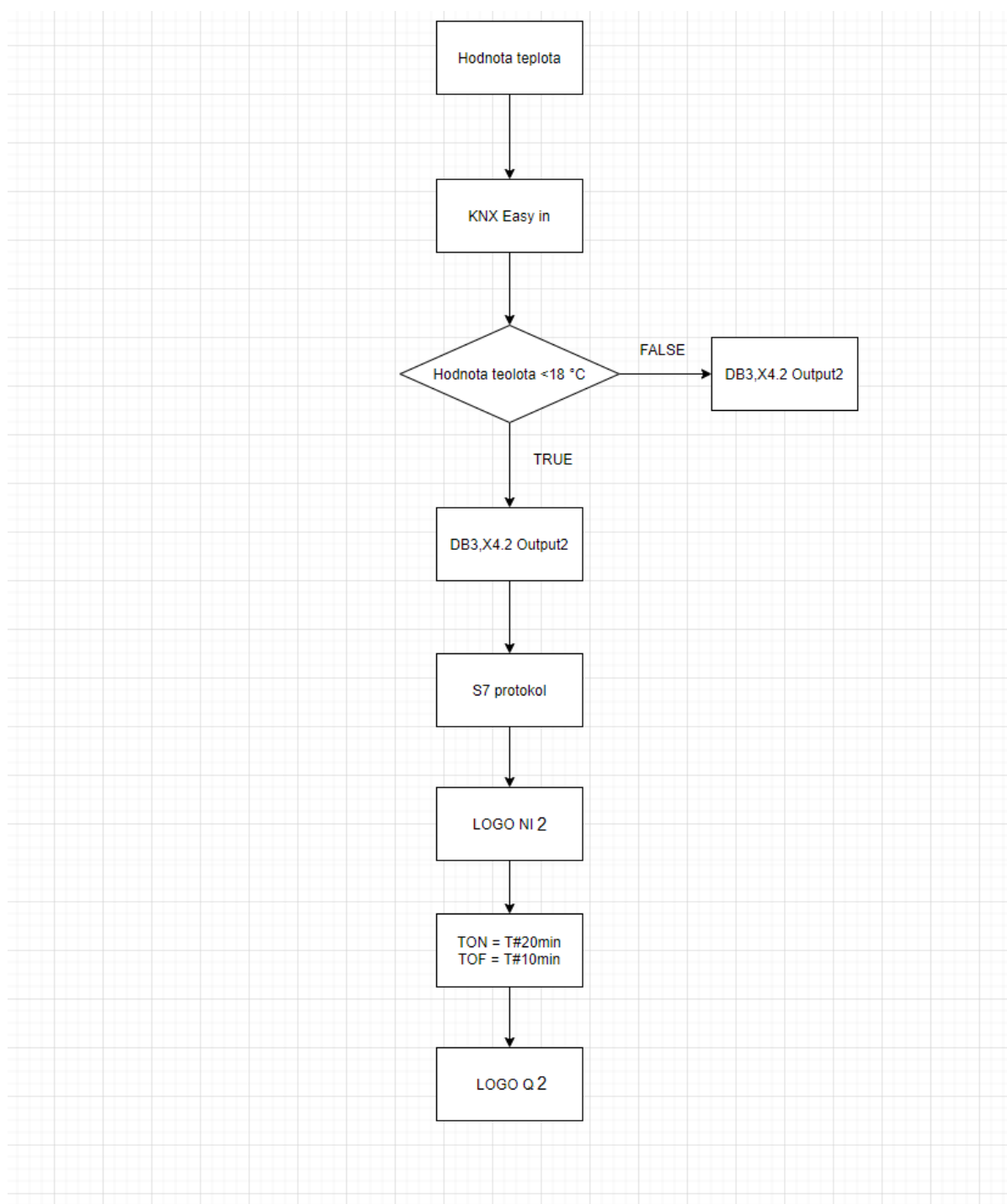
Zobrazení Petriho sítí pro zadané úlohy



Obrázek 1.70: Zobrazení Petriho sítí pro řízení sepnutí žárovky na základě vypínače



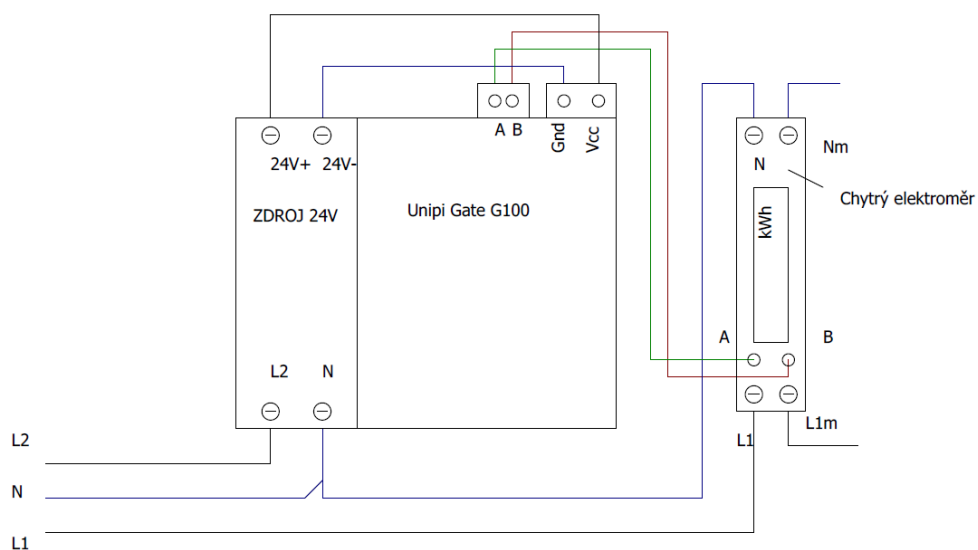
Obrázek 1.71: Zobrazení Petriho sítě pro řízení odsávání v místnosti koupelna



Obrázek 1.72: Zobrazení Petriho sítě pro řízení patrony v radiátoru

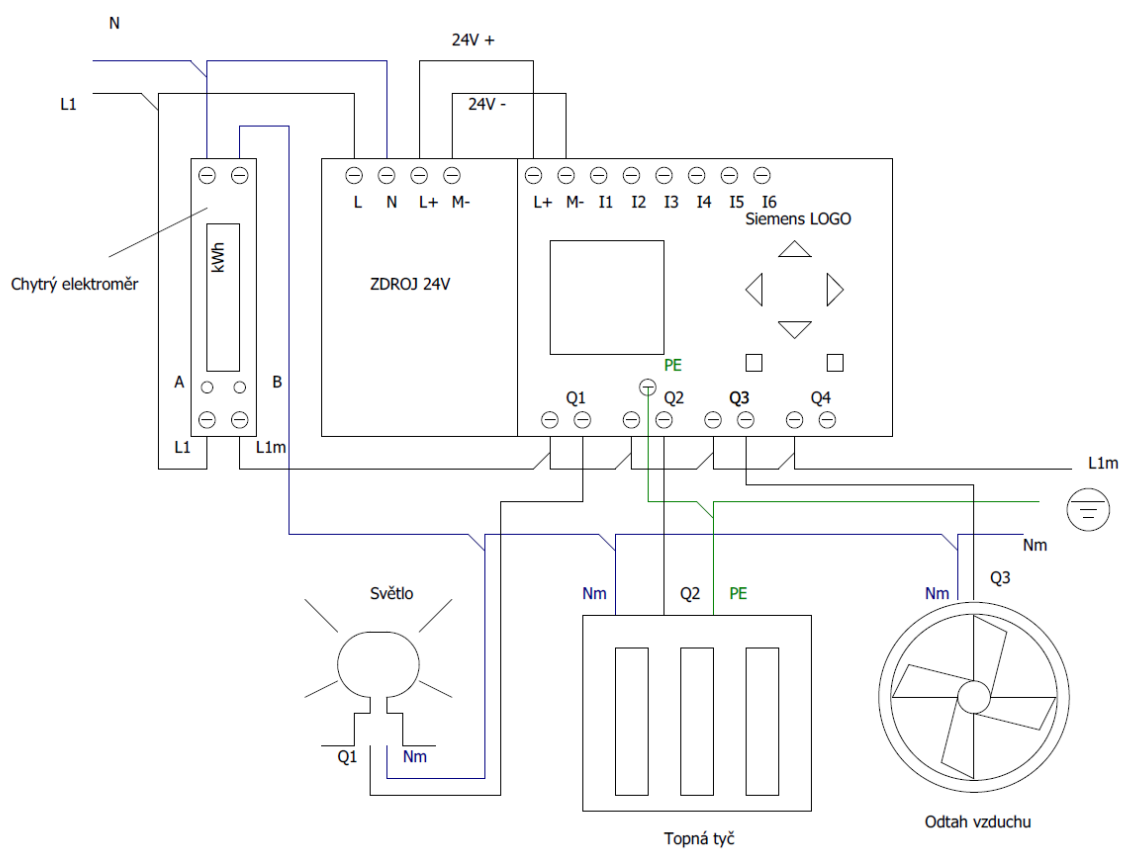
Schéma zapojení

Unipi GateG100

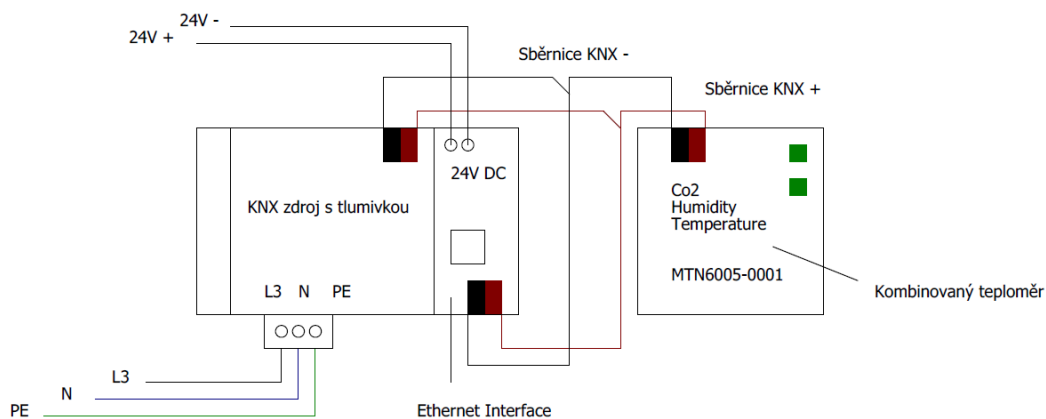


Obrázek 1.73: Obrázek 2.29: Zapojení Unipi GateG100 s chytrým elektroměrem

LOGO!

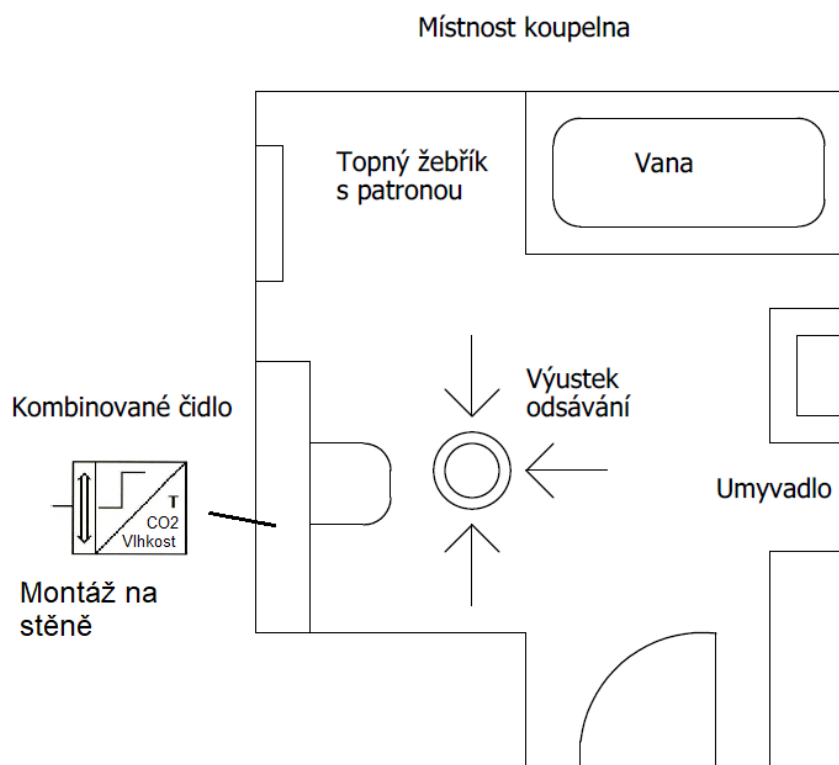


Obrázek 1.74: Obrázek 2.30: Schéma zapojení PLC Siemens LOGO!



Obrázek 1.75: *Obrázek 2.31: Zapojení KNX zařízení*

Půdorys místnosti implementace Úlohy 2,3,4



Obrázek 1.76: *Obrázek 2.32: Půdorys místnosti koupelna*